DE L'ALCOOMÉTRIE
NOUVEAU PÈSE-ALCOOL

THÈSE

PRÉSENTÉE ET PUBLIQUEMENT SOUTENUE A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS

Le Juin 1872

Pour obtenir le diplôme de Pharmacien de première classe

PAR

YVES-MARIE LE JEUNE
Pharmacien de deuxième classe de la Marine,
Né à Plounérin (Côtes-du-Nord).



BREST
Typographie-Lithographie GADREAU, Rue de la Rampe, 33.

1872

A MA FILLE MARIE



INTRODUCTION

Chargé, depuis dix-huit mois, du Laboratoire de Pharmacie, à l'Hôpital maritime de Brest, j'ai été frappé de bonne heure des difficultés que l'on éprouve dans la détermination exacte du degré alcoométrique d'un liquide spiritueux, et surtout dans toutes les opérations qui se rapportent au mouillage. Les tables de Gay-Lussac, faites avec le soin que cet illustre chimiste apportait dans tous ses travaux, fournissent le moyen de corriger les erreurs causées par les variations de la température ; elles sont utiles également, lorsque l'on veut abaisser le titre d'un alcool en y ajoutant de l'eau, mais tout à fait insuffisantes quand il s'agit de mêler deux liquides de spirituosité différente.

Ces tables devenant aujourd'hui assez rares, je suis arrivé à y suppléer en opérant les corrections à l'aide d'indications portées sur l'alcoomètre même; et, quant aux problèmes de mouillage, si fréquents dans les laboratoires, ils se trouvent tous résolus, d'une manière plus simple, plus rapide et plus exacte que par le procédé de Gay-Lussac, par le moyen d'une échelle supplémentaire, portant des degrés spéciaux, auxquels je donne le nom de degrés *pondéraux*. L'emploi de cette échelle permet de se soustraire à l'influence de la *contraction*, qui a toujours lieu quand on mêle de l'alcool et de l'eau, ou deux alcools d'un titre différent.

J'ai ainsi été conduit à construire un nouvel alcoomètre, qu'il conviendrait d'appeler plus spécialement *pèse-alcool*; et, c'est après l'avoir soumis à une épreuve journalière de plus d'une année, soit entre mes mains, soit entre celles de mes collègues, que je viens aujourd'hui le présenter, avec confiance, à l'appréciation éclairée de MM. les Professeurs de l'École de Pharmacie.

DES DIVERS ALCOOMÈTRES

Les instruments destinés à apprécier la quantité d'alcool contenu dans un liquide spiritueux sont nombreux et variés. Sans parler des diverses méthodes indiquées dans les ouvrages de physique, pour la détermination de la densité des liquides, il suffit de citer le pèse-liqueur de Baumé, l'aréomètre de Cartier et l'aréomètre Battave, l'œnomètre de Tabarié, les ébullioscopes de Brossard Vidal et de Conaty, le dilatomètre de Silbermann, le capillarimètre de Musculus, l'alcoomètre-œnomètre de Berquier et Limousin, enfin l'alcoomètre centésimal de Gay-Lussac, le plus précieux de tous ces appareils, et qui, malgré toutes les tentatives faites pour le détrôner, est le seul, jusqu'à présent, qui ait mérité d'être légalement adopté en France.

Quelques-uns de ces instruments font seulement connaître la force relative d'un esprit ; les autres indiquent la quantité pour cent d'alcool pur qu'il contient ; mais aucun ne donne directement la proportion d'eau. Cet écueil est inévitable tant qu'on se servira des volumes pour l'évaluation des liquides spiritueux ; on sait, en effet, qu'un mélange d'alcool pur et d'eau a un volume plus petit que la somme des deux volumes, lorsque ces liquides sont séparés. On évite cette difficulté en adoptant les degrés *pondéraux* à la place des degrés *volumétriques*, c'est-à-dire en estimant la proportion d'alcool et d'eau au poids, élément sur lequel la contraction ne saurait avoir aucune influence. Qu'on mêle, par exemple, 60 grammes d'alcool pur et 40 grammes d'eau, on obtiendra toujours 100 grammes de liquide, tandis qu'avec 60 centimètres cubes d'alcool et 40 d'eau, on aura un volume moindre que 100 centimètres cubes.

Le nouveau pèse-alcool présente donc, à côté de l'échelle volumétrique de Gay-Lussac, une échelle pondérale dont il nous reste à exposer la formation et l'usage ; mais qu'on nous permette auparavant de passer rapidement en revue les autres alcoomètres, en en faisant ressortir, autant que possible, les avantages et les inconvénients.

Un alcoomètre, pour être d'un usage pratique, doit satisfaire à plusieurs conditions : il doit permettre d'opérer rapidement sans exiger des manipulations trop délicates, et surtout donner des résultats exacts et identiques, quelles que soient les influences extérieures qui tendent à les modifier ; ajoutez à cela qu'il doit, autant que possible, être facile à construire et facile à vérifier.

Pour reconnaître la force des liquides alcooliques, en dehors de quelques procédés empiriques usités autrefois, on emploie aujourd'hui des instruments basés sur des propriétés physiques. On a rarement recours aux moyens chimiques; tout au plus pourrait-on citer l'usage qu'on fait du sulfate de cuivre anhydre pour reconnaître l'alcool absolu. Autrefois, on se servait aussi de l'inflammation de l'esprit-de-vin, soit seul, soit sur la poudre à canon. Voici ce que dit Baumé à ce sujet (1) :

« ..... D'autres chymistes proposent de l'enflammer (l'esprit-de-vin) dans des vaisseaux « profonds et plongés dans l'eau froide : on juge de sa bonté lorsqu'il ne laisse qu'une petite quantité « d'eau. L'esprit-de-vin parfaitement déflegmé ne doit point humecter le sel alkali bien desséché.

« Enfin, on éprouve la bonté de l'esprit-de-vin par la poudre à canon. On met de l'esprit- « de-vin dans une cuiller avec de la poudre ; on met le feu à l'esprit-de-vin, et lorsqu'il est près de « cesser de brûler, il fait prendre feu à la poudre. On croit communément qu'il est parfait lorsqu'il « enflamme ainsi la poudre ; mais cette expérience est fautive : l'inflammation de la poudre dépend « de la quantité qu'on emploie, c'est-à-dire que si l'on met quelques grains de poudre avec de « l'esprit-de-vin parfaitement rectifié, dans ce cas, il ne mettra pas le feu à la poudre, parce que « l'humidité qu'il fournit pendant son inflammation l'humecte suffisamment pour l'empêcher de « s'enflammer ; ainsi cet esprit-de-vin passera pour être de mauvaise qualité aux yeux de ceux qui « ne sont pas instruits de ces choses, tandis qu'au contraire, de mauvais esprit-de-vin, sur lequel on « fera la même opération avec une forte pincée de poudre, passera pour de bon esprit-de-vin parce « qu'il enflammera cette poudre. »

Est-il besoin de rappeler un procédé aussi imparfait que le précédent, et connu sous le nom de *preuve de Hollande ?* On introduit l'esprit dans un flacon et on l'agite vivement ; s'il *perle,* il marque alors 19° à l'aréomètre Cartier. Cet esprit est devenu un type commercial et contient environ la moitié de son volume d'eau.

Instruments basés sur les propriétés physiques. — L'alcool anhydre et l'eau présentent entre eux des différences assez marquées, surtout au point de vue de la densité, du point d'ébullition, de la dilatation et de la capillarité ; et l'on peut admettre, d'une manière générale, que les divers mélanges qu'ils produisent, offriront des propriétés analogues, mais variables suivant les proportions relatives de l'un et de l'autre.

---

(1) Baumé. *Elém. de Pharm. théorique et prat.*, 1770, p. 461 et suiv.

Densité. — L'alcool pur, tel qu'on peut l'obtenir aujourd'hui, a une densité sensiblement inférieure à celle de l'eau ; elle a été fixée par Gay-Lussac à 0.7947, à la température de 15°, celle de l'eau étant prise à la même température. Il est évident que le poids spécifique d'un liquide alcoolique sera d'autant plus faible que la proportion d'alcool par rapport à l'eau sera plus considérable ; cependant l'expérience démontre que ces variations ne suivent pas une loi régulière.

En supposant, pour le moment, l'absence de toutes matières étrangères, il n'y a guère que la température qui puisse faire varier la densité d'un corps ; on sait, en effet, que la chaleur, à très-peu d'exceptions près, dilate tous les corps, et, en augmentant le volume, sous un même poids, elle contribue à diminuer la densité. Aussi les auteurs d'alcoomètres basés sur les densités, ont-ils tous plus ou moins tenu compte de l'influence de la température, en accompagnant leurs instruments de tables de correction.

Alcoomètres basés sur la densité. — Autrefois, on se contentait, pour reconnaître la force d'un esprit, d'y laisser tomber de haut une goutte d'huile ; en adoptant, pour l'huile d'olive, le chiffre 0.915, pour représenter la densité, on peut arriver ainsi à savoir qu'un alcool a un degré supérieur à 60°, si la goutte tombe au fond du liquide ; mais on reste dans l'ignorance la plus complète sur le degré réel. On voit donc combien ce moyen est insuffisant ; j'en dirai autant des boules de verre, lestées à l'avance, de façon à présenter une densité déterminée : il faudrait à la rigueur, avoir autant de boules qu'il y a de degrés à l'alcoomètre, et l'on voit, de suite, combien un pareil procédé deviendrait embarrassant.

Je ne dirai rien non plus des divers instruments décrits dans tous les ouvrages de physique, et destinés à prendre la densité des liquides : tels sont l'aréomètre de Fahrenheit la balance hydrostatique, le flacon, le trébuchet, l'aréomètre de Rousseau, le densimètre de M. Ruau, etc. Excellents pour l'usage auquel ils sont destinés, ils ne présentent pas assez de simplicité pour être adoptés au titrage des mélanges alcooliques.

Pèse-liqueur de Baumé. — Aux moyens imparfaits ou trop compliqués, usités jusqu'alors, Baumé, en 1768, vint substituer une méthode plus rationnelle et plus simple, en imaginant son pèse-liqueur de comparaison. Voici la description qu'en donne l'auteur lui-même (1).

« Pour construire ce pèse-liqueur, il faut deux liqueurs propres à fournir deux termes :

---

(1) Baumé, loc. cit., p. 466.

ces liqueurs sont l'eau pure pour un terme, et cette même eau chargée d'une quantité déterminée de sel pour le second. Pour préparer cette dernière liqueur, on prend dix onces de sel-marin purifié et bien sec, on les met dans un matras, on verse par-dessus quatre-vingt-dix onces d'eau pure ; on agite le matras afin de faciliter la dissolution du sel ; lorsque le sel est dissous, la liqueur est préparée.

Alors on prend un pèse-liqueur de verre disposé comme le précédent (pèse-liqueur pour les sels), et chargé de mercure suffisamment ; on le plonge dans cette liqueur. Il doit s'y enfoncer à deux ou trois lignes au-dessus de la seconde boule ; s'il s'enfonce trop, on ôte un peu de mercure de la petite boule ; s'il ne s'enfonce pas assez, on en ajoute suffisamment ; lorsqu'il s'enfonce convenablement, on marque *zéro* à l'endroit où il s'arrête : cela forme le premier terme. Ensuite on enlève l'instrument, on le lave et on le plonge dans de l'eau distillée ; on marque *dix degrés* l'endroit où il s'est fixé, cela forme le second terme : on divise en dix portions égales l'espace compris entre ces deux termes ; ce qui donne dix degrés. Ces degrés servent d'étalon pour en former d'autres dans le restant de la partie supérieure du tube. On donne à celui-ci l'étendue de cinquante degrés, ce qui est suffisant, parce qu'il n'est pas possible d'avoir de l'esprit-de-vin assez rectifié pour donner ce nombre de degrés. »

Baumé a construit, d'après ce principe, divers pèse-liqueurs qui donnent toujours des indications incomparables entre elles.

Le principal reproche que l'on puisse faire à cet instrument, c'est de ne fournir aucun renseignement sur les proportions de l'alcool et de l'eau qui s'y trouvent en présence. D'ailleurs l'auteur n'avait et ne pouvait avoir cette prétention, à cause des idées erronées qu'on avait il y a cent ans, sur la constitution chimique de l'acool. « Quelques personnes m'ont demandé (1) si, par le moyen de mon pèse-liqueur, on pouvait connaître la quantité d'eau et de liqueur spiritueuse contenue dans une quantité donnée d'esprit-de-vin, comme on connaît la quantité de sel qui se trouve dans cent livres d'eau salée. Cela est impossible et la comparaison n'est point exacte. Le sel est indépendant de l'eau ; on peut l'avoir à part, parce qu'il peut exister sans eau surabondante à son essence saline. Mais il n'en est pas de même de l'esprit-de-vin : l'eau est un de ses principes constituants ; on ne peut l'en priver que jusqu'à un certain point, au-delà duquel on le décompose, et il cesse d'être esprit-de-vin si on le prive d'une plus grande quantité de son eau. La partie vraiment spiritueuse de l'esprit-de-vin est le principe phlogistique qu'il contient ; mais ce principe tout seul ne peut point

(1) Loc. cit. p. 470-471.

former de l'esprit-de-vin ; c'est son union avec l'eau et un peu d'acide qui le produit. L'éther peut être considéré comme de l'esprit-de-vin prodigieusement rectifié ; cependant, il contient encore plus de sept huitièmes de son poids d'eau principe, sans laquelle il ne serait plus de l'éther. Ainsi il est démontré qu'on ne pourra jamais, par le moyen d'aucun pèse-liqueur, connaître la quantité de liqueur spiritueuse contenue dans un volume d'esprit-de-vin ; il indiquerait plutôt, si cela était possible, la quantité de matière inflammable ou phlogistique que l'esprit-de-vin contient. D'où il résulte qu'on doit se contenter d'un pèse-liqueur de comparaison, qui indique avec précision qu'un tel esprit-de-vin est meilleur qu'un autre, et que celui qui est moins bon contient tant d'eau de plus que celui qui est de meilleure qualité ; c'est tout ce qu'on peut exiger d'un instrument de cette espèce. »

J'ai rapporté ce passage pour faire voir ce que Baumé pensait de son pèse-liqueur et de l'esprit-de-vin, et pour avoir l'occasion de faire remarquer qu'il est toujours téméraire de chercher à mettre des bornes à la science. Que dirait Baumé aujourd'hui, s'il voyait faire de l'alcool de toute pièce à l'aide de substances uniquement tirées du règne inorganique ?

Aréomètre de Cartier. — Malgré les services réels rendus par le pèse-liqueur de Baumé, Cartier, fabricant d'instruments de chimie, réussit, dans un but mercantile, à y substituer son aréomètre. Ce dernier instrument n'était qu'une altération de celui de Baumé : tous les deux marquaient dix degrés dans l'eau distillée, et d'abord à 32° Baumé correspondaient 30° Cartier ; plus tard, cette correspondance fut encore changée, à tel point que, lorsque Gay-Lussac voulut établir la correspondance entre ses degrés centésimaux et les degrés Cartier, il ne trouva pas deux instruments qui fussent d'accord entre eux ; il fut obligé d'adopter une espèce de terme-moyen, de sorte que 32° Baumé devinrent 30° 31 Cartier.

Aréomètre Battave. — L'aréomètre Battave, à degrés égaux comme les précédents, marque zéro dans l'eau pure, les degrés étant d'ailleurs obtenus avec une solution au dixième de sel marin dans l'eau distillée.

Il est facile de voir les inconvénients inhérents à ces trois instruments, qui ne donnent ni la densité du liquide, ni la proportion relative de l'alcool et de l'eau qui le composent. Quant à la correction relative à la température, Baumé avait dressé pour cet objet un tableau assez incomplet ; pour l'aréomètre de Cartier, on comptait un degré en plus ou en moins de spirituosité, par 5° au-dessous ou au-dessus de la température normale (12°5) pour l'esprit de vin ; pour l'eau-de-vie, on ne compte qu'un seul degré de spirituosité pour 10° de température. Il est inutile de faire ressortir le peu d'exactitude d'un pareil procédé.

Les aréomètres à degrés égaux peuvent cependant indiquer la densité et la composition en centième des liquides spiritueux, à l'aide de tables spéciales, comme celles qui ont été dressées par M. Pouillet, dans son remarquable mémoire sur les aréomètres (1).

M. Pouillet, après avoir fait remarquer combien est défectueux le procédé actuel de graduation, par l'emploi de solutions salines, qu'il est difficile d'obtenir toujours dans des conditions identiques, propose une nouvelle méthode de graduation pour les aréomètres à degrés égaux, en se servant uniquement d'eau distillée. Il faut d'abord construire un instrument qui se rapproche le plus possible d'un aréomètre type, dont la carène et la tige ont des dimensions déterminées : les petites différences sont corrigées à l'aide de tableaux spéciaux, de sorte qu'on obtient exactement les deux points extrêmes de l'échelle, qu'il reste à diviser en parties égales, ce qui suppose, bien entendu, la parfaite régularité de la tige.

Ce mémoire est fort long ; il contient des formules assez compliquées, mais il faut ajouter qu'aucune cause d'erreur n'a été négligée. La seule objection qu'on puisse faire, c'est l'obligation de construire un instrument ayant des dimensions déterminées : c'est là une difficulté qu'on peut éviter comme on le verra plus loin à l'occasion de la graduation de l'alcoomètre. D'un autre côté, il est plus commode, à mon avis, de lire, sur l'instrument, la composition en centième du liquide, que d'être forcé de recourir à des tableaux particuliers, qu'on n'a pas constamment sous les yeux.

Alcoomètre centésimal de Gay-Lussac. — A l'époque où Gay-Lussac construisit son alcoomètre, la composition chimique de l'alcool pur était déjà parfaitement connue, et on pouvait avoir un point de départ certain pour en apprécier la quantité, dans son mélange avec l'eau, en se basant sur les densités. C'est ce qui a permis à ce savant de présenter un instrument plus parfait, qui, par une loi des 24-26 Juin 1824, a été adopté en France pour la perception des droits sur les liquides spiritueux. Il vint ainsi mettre un terme aux difficultés de toutes sortes créées par l'usage de l'aréomètre de Cartier.

L'alcoomètre de Gay-Lussac, au lieu d'une indication arbitraire, présente une échelle divisée en 100 parties inégales, et chaque degré donne le volume, pour cent, de la quantité d'alcool pur contenu dans un liquide. La quantité d'eau n'est pas obtenue par différence, comme quelques auteurs le répètent à tort : elle est un peu plus forte que ne l'indiquerait une simple soustraction. Ainsi un esprit-de-vin, où l'alcoomètre marque 60°, contient sur 100 litres 60 litres d'alcool pur, et 43 litres 73

(1) Mémoires de l'Ac. des Sc. T. XXX 1860. p. 414.

d'eau au lieu de 40. C'est là peut-être le seul reproche que l'on puisse faire à l'alcoomètre centésimal ; on verra plus loin comment, à l'aide du nouveau pèse-alcool, on arrive à éviter cette difficulté.

Gay-Lussac avait fait, pour l'usage de son alcoomètre, une instruction et des tables dont je reparlerai à l'occasion du pèse-alcool.

Comme modification à l'alcoomètre centésimal, je citerai la proposition de M. Thomas (1), d'accoler à l'aréomètre l'échelle densimétrique, dans le but de rendre plus facile la vérification des alcoomètres. Outre qu'il paraît assez difficile dans la pratique d'inscrire trois ou quatre chiffres en face de chaque degré, on ne voit pas bien l'avantage qu'il y aurait à cette addition. Un alcoomètre se vérifiera aussi bien d'après ses degrés que d'après les densités inscrites sur l'échelle, puisque si les uns sont faux les autres le seront également.

Enfin, je signalerai encore un autre instrument, le *spiritomètre*, consistant en trois aréomètres séparés ; l'un plongé à 15°, 5 dans une eau-de-vie quelconque, indique le nombre de litres d'eau-de-vie ordinaire (d'une densité = 0.954,876), contenus dans 100 litres ; en multipliant le chiffre trouvé par la valeur de 100 litres d'eau-de-vie, on a immédiatement le prix de l'esprit essayé. L'honorable inventeur oublie sans doute que ce n'est pas seulement d'après la quantité d'alcool qu'on estime, les vins comme les eaux-de-vie ; aussi cet instrument, présenté à l'Académie des Sciences, par M. Jacobi, au nom de M. Kupffer, n'a-t-il été l'objet d'aucun rapport (2).

Essai des vins ou des liqueurs sucrées. — Pour appliquer l'alcoomètre centésimal à l'essai des vins et des liqueurs sucrées, ou, d'une manière générale, à l'essai des liquides alcooliques qui tiennent en solution ou en suspension des matières susceptibles d'en altérer la densité, on est obligé d'avoir recours à la distillation.

Gay-Lussac avait proposé dans ce but un appareil distillatoire qui a été perfectionné depuis, et qui, sous le nom d'alambic Salleron, est ajourd'hui généralement employé. Le maniement de cet appareil ne présente aucune difficulté, puisqu'il suffit de mesurer avec soin un volume déterminé de liquide, à l'aide d'une éprouvette graduée, de le soumettre à la distillation, dans une petite cucurbite, chauffée par une lampe à alcool ; on arrête la distillation lorsqu'on suppose que tout l'alcool a passé, c'est-à-dire quand on a obtenu le tiers ou la moitié du liquide employé suivant son degré de spirituosité, que, généralement on connaît approximativement à l'avance.

---

(1) C. Rend. Ac. Sc. LVI p. 136.

(2) C. Rend. XLIX p. 851, LLII p. 204.

Il ne reste plus qu'à compléter, par de l'eau distillée, le volume primitif, et à prendre, à l'aide de l'alcoomètre, le titre de l'alcool ainsi obtenu. Des tables spéciales et un petit thermomètre facilitent les corrections.

Cependant ce procédé ayant paru d'une exécution un peu longue, on a cherché à doser l'alcool par d'autres méthodes, en utilisant d'autres propriétés physiques, telles que l'ébullition, la dilatation et la capillarité, propriétés sur lesquelles sont fondés les instruments dont nous allons maintenant dire quelques mots.

Alcoomètres fondés sur le point d'ébullition. — L'alcool absolu et l'eau bouillent à des températures assez différentes, le premier à 78°4 et le deuxième à 100°, sous la pression normale de 760 millimètres. Mais cette pression étant trés-variable, le point d'ébullition est, par cela même, modifié à chaque instant. D'un autre côté, le sucre et les matiéres salines exercent une influence qui ne doit pas non plus être négligée.

En 1830, M. E. Tabarié (1) proposa un procédé destiné spécialement á l'essai des vins, et qui n'était pas, à proprement parler, basé sur la température d'ébullition. Ce procédé consistait à faire bouillir le vin à l'air libre, jusqu'à ce que tout l'alcool fût évaporé, et à remplacer le liquide disparu par une égale quantité d'eau distillée. On avait pris préalablement la densité du vin, à l'aide d'un aréomètre à double échelle; et cette densité, comparée á celle qu'on obtenait aprés avoir chassé l'alcool, permettait d'apprécier la richesse alcoolique. Cet appareil nécessite en outre l'emploi d'un thermométre à double graduation, pour opérer les corrections relatives à la température.

On voit d'abord qu'au point de vue de la rapidité d'exécution, cet appareil ne l'emporte guére sur l'alambic Salleron; en second lieu, pourquoi ne pas prendre la densité du liquide distillé, qu'on peut si facilement recueillir, au lieu de prendre celle du résidu de la distillation, dont on ignore la composition ?

Œnomètre centésimal de M. Jabarié. — M. le docteur Louis Jabarié s'était occupé dès 1833 d'un instrument fondé sur la différence des températures des liquides alcooliques lors de leur ébullition, il le nommait œnomètre centésimal. La correction relative à la différence de pression se faisait à l'aide de tables qui accompagnaient son appareil.

Ebullioscope alcoométrique. — En 1842, M. l'abbé Brossard-Vidal, de Toulon, avait imaginé

(1) Ann. Ch. et Phys. T. XLV, 1830.

un thermomètre à cadran, basé sur le principe de M. Jabarié ; mais les vices inhérents à ce système de mécanisme justifiont pleinement l'accueil peu favorable qu'a obtenu son appareil, qu'il avait désigné sous le nom d'ébullioscope alcoométrique. On ne saurait mieux comparer cet instrument qu'à une mauvaise montre, à laquelle on adapterait de grandes aiguilles, dans le but de lui faire marquer une heure plus exacte.

Thermomètre alcoométrique de Conaty. — « Le thermomètre alcoométrique perfectionné de Conaty est aussi fondé sur la différence de température qui existe entre les liquides spiritueux (à leur ébullition). L'eau bout à 100°, et l'alcool absolu à 78° 3. La présence des sels, du sucre même, tend, en absorbant de l'eau, à augmenter le degré ; mais, comme le point d'ébullition se trouve élevé, il s'établit une sorte de compensation.

« L'appareil se compose d'une bouilloire en cuivre, chauffée à l'esprit-de-vin. Un thermomètre à mercure, gradué expérimentalement, comparativement avec l'alcoomètre de Gay-Lussac, plonge dans la bouilloire, et le point où le mercure s'arrête indique la force alcoolique. L'échelle des degrés est mobile, ce qui permet, par un essai préalable, de mettre l'échelle de façon que le zéro corresponde au point d'ébullition de l'eau, quelle que soit la pression atmosphérique. Cet apparoil évite la distillation (1). »

L'appareil de M. Jabarié ne paraît pas s'être beaucoup répandu ; quant à ceux de MM. Vidal et Conaty, ils ont été soumis à l'examen de l'Académie des Sciences, et ont été l'objet d'un rapport dont voici les conclusions (2) :

« L'ébullioscope de M. Vidal et celui de M. Conaty, quand ils sont bien réglés et confiés à des mains exercées, nous paraissent propres à donner, avec une approximation de un à deux centièmes, la richesse alcoolique des vins et des liquides spiritueux altérés par une matière étrangère.

L'ébullioscope à tige droite a l'avantage d'une plus grande simplicité et d'un transport plus facile.

Pour les liquides spiritueux composés seulement d'eau et d'alcool, l'alcoomètre centésimal de Gay-Lussac doit toujours être préféré. » (Rapporteur M. Despretz).

---

(1) Journ. de Ph. et Ch. T. XX, p. 332.

(2) C. Rend. T. XXVII, p. 377.

A l'opinion presque favorable émise par M. Despretz, nous ajouterons que la correction relative à la pression atmosphérique nécessite l'emploi d'un instrument de plus, le barométre, instrument qu'on n'a pas toujours sous la main et qui n'est pas d'un transport facile ; et que le moyen proposé pour l'appareil de Conaty, de faire, dans la journée, une expérience préliminaire pour fixer le zéro de l'échelle, n'est qu'un palliatif plus dangereux qu'utile dans certaines circonstances, attendu que la hauteur barométrique peut varier d'un instant à l'autre ; si, au contraire, on fait à chaque fois un essai préparatoire sur l'eau, on complique singuliérement l'opération. D'un autre côté, le moment précis où un liquide entre en ébullition est assez difficile à déterminer, tant pour la chose en elle-même, qu'à cause des soubresauts qu'éprouve le mercure dans le thermomètre; et ce moment est très-important à saisir, dans le cas actuel, la température allant en augmentant, jusqu'à ce que tout l'alcool ait été chassé. Pour ces motifs, nous préférons encore recourir à la distillation.

Instruments fondés sur la dilatation. — La dilatabilité de l'alcool est sensiblement plus grande que celle de l'eau, et déjà Réaumur, il y a plus d'un siècle, avait utilisé cette propriété pour apprécier la force de l'esprit-de-vin, qui lui servait pour la construction de ses thermomètres. Mais il n'avait pas fait un instrument spécial, d'un usage pratique ; et il faut arriver à 1848 pour trouver cette application faite par M. Silbermann, qui a donné à son appareil le nom de dilatométre.

Dilatomètre de M. Silbermann (1). — «..... Les procédés connus sont basés ou sur la distillation, ou sur la densité, ou sur le point d'ébullition du liquide alcoolique.

« Mon procédé se base sur la dilatation du liquide alcoolique. On sait qu'entre 0° et 100° de température, l'alcool a une dilatation triple de celle de l'eau. — Cette dilatation est encore plus grande entre 25° et 50° de température : elle est de 3 fois et demie (celle de l'eau)... Si donc on fait des mélanges titrés d'eau et d'alcool, qui soient successivement : Eau 100, alcool 0, eau 99, alcool 1, eau 98, alcool 2, et qu'on les place dans une sorte de thermométre, de façon que le liquide affleure à 25°, et qu'on note le point d'affleurement à 50°, on aura ainsi une échelle qui indiquera les divers degrés en centièmes d'alcool.

« Voici la forme et la disposition du dilatomètre.

« Sur une plaque métallique sont fixés deux thermomètres, dont l'un à mercure indiquant

(1) C. rend. Ac. Sc. T. XXVIJ, p. 418 (1848).

seulement par deux traits les températures initiales et finales, soit 25° et 50°; l'autre thermomètre destiné à contenir le liquide à essayer, est ouvert par les deux bouts, effilé à la partie inférieure du réservoir et terminé par un tube large à la partie supérieure de sa tige : c'est une véritable pipette de verre.... Le thermomètre pour retenir le liquide est fermé à sa partie effilée inférieure par une petite plaque de liége convenablement fixée sur un ressort, fixé lui-même par un bout contre la plaque qui supporte le tout. Pour faire écouler le liquide d'épreuve, on déprime le ressort par son bout libre, au moyen d'une tige de cuivre retenue contre la plaque vers le ressort par une virole, et vers l'entonnoir au sommet, par un écrou dans lequel s'engage à vis le bout supérieur de la tige. Pour obtenir un mouvement rapide, la vis est à quatre filets. Pour ouvrir ou fermer le thermomètre, il suffit donc de tourner la tête de cette tige dans un sens ou dans l'autre.

« Les liquides contenant souvent de l'air ou des gaz en dissolution, il a fallu les expurger sans affecter leur titre. Le meilleur moyen étant le vide dans ce cas, on l'opère au moyen d'un petit piston à cuir embonti, qu'on engage dans l'entonnoir du thermomètre.

« Ce piston sert d'abord par son aspiration à remplir le thermomètre par le bas ; ensuite le bas étant fermé et le piston enfoncé, en l'élevant on voit l'air se dégager de tous les points du liquide, et, au moyen de deux ou trois coups de piston prolongés, on purge totalement le liquide ; de sorte qu'il ne s'élève plus de bulles, pendant l'opération du chauffage, capables de séparer la colonne.

« Pour pouvoir retirer le piston sans secousse, afin de ne pas diviser la colonne tout d'abord, la tige du piston est forée dans toute sa longueur ; alors, après avoir appuyé le doigt mouillé sur le sommet du piston pour faire le vide, on l'ôte pour laisser rentrer l'air, et le piston s'enlèvera facilement sans secousse. Afin de bien faire le vide, il faut aspirer du liquide jusqu'à ce qu'il en sorte pas le sommet du piston dans sa dépression ; alors, quand on le soulève, on est sûr de n'avoir par laissé d'air dessous.

« Pour s'arrêter au point de départ, on a le tube plein de liquide ; alors par la dépression du ressort, on en fait écouler jusqu'à ce que le niveau arrive au trait inférieur sur le tube, quand la température aura été maintenue fixe pendant deux ou trois minutes au trait inférieur du thermomètre à mercure.

« Je propose cette nouvelle méthode, parce que les procédés anciens présentent certains inconvénients que j'indiquerai brièvement : »

La distillation dure trop longtemps,
La densité est modifiée par les sirops et par les sels,

Quant au point d'ébullition, la vapeur peut se surchauffer, et ce point est d'ailleurs modifié par les variations barométriques.

D'après l'auteur, la présence de sels ou du sucre ne modifie pas la dilatation du liquide alcoolique.

S'il faut en croire M. Silbermann, il resterait peu de reproches à faire à son instrument, si ce n'est peut-être le défaut de simplicité, l'obligation de chauffer pour avoir deux termes fixes, l'impossibilité de l'employer quand la température excède 25°, ce qui n'est pas rare, aux colonies surtout, et enfin il exige une certaine habitude du maniement des appareils qu'on ne peut pas demander au premier venu.

Capillarité. — Si on plonge dans un liquide, susceptible de le mouiller, un tube de verre étroit (dont le diamètre intérieur ne dépasse pas un millimètre), on sait que le liquide montera dans le tube. La différence entre le niveau du liquide dans le tube et son niveau dans le vase sera en raison inverse du diamètre du tube. Les phénomènes capillaires sont susceptibles d'être modifiés par la chaleur, qui tend à déprimer la colonne liquide ; la pression atmosphérique n'a pas d'influence, puisque ces phénomènes ont également lieu dans le vide.

Capillarimètre de Musculus. — M. Musculus a eu l'idée de construire un alcoomètre spécial, destiné surtout à l'essai des vins et des vinaigres, auquel il a donné le nom de *Capillarimètre* ou *Liquoromètre ;* cet instrument est basé sur les faits suivants :

(1) L'alcool et l'acide acétique abaissent la hauteur du liquide dans un tube capillaire.

Chaque mélange atteint une hauteur invariable si le tube reste le même ainsi que la température.

A la même température, les hauteurs capillaires restent dans un rapport constant, quel que soit le diamètre des tubes capillaires.

L'appareil se compose d'un tube capillaire, adapté par une bride en caoutchouc à une échelle divisée, fixée sur un support en bois; il se place sur un verre à boire ordinaire.

On commence par mesurer la hauteur de l'eau, on monte l'instrument avec l'échelle divisée, dont on fait coïncider le zéro avec le niveau de l'eau, puis on aspire une certaine quantité à travers le tube capillaire, de manière à bien le mouiller à l'intérieur. Au bout de deux à trois minutes, quand

(1) Union Pharm. 1865, p. 177.

le sommet de la colonne capillaire ne varie plus, on en mesure la hauteur. On opère de la même manière avec le liquide à analyser, et on divise cette dernière hauteur par la première. On calcule ensuite le degré alcoométrique à l'aide d'un tableau spécial qui indique la correspondance entre les hauteurs et les degrés centésimaux. D'autres fois ces degrés sont inscrits sur l'échelle, ce qui dispense de recourir à ce tableau ; mais les indications sont moins exactes.

Alcoomètre-Œnomètre de MM. Berquier et Limousin. — Cet appareil, proposé en 1869, est basé, non plus sur la capillarité, mais sur le volume des gouttes qui s'échappent d'un tube capillaire.

(1) « La construction de cet instrument repose sur les faits suivants :

« Quand un liquide s'échappe par gouttes d'un tube, les gouttes sont d'autant plus petites que ce liquide est plus alcoolique, et d'autant plus grosses qu'il est plus aqueux.

« Si l'on observe la marche du liquide dans un tube de petit diamètre, ouvert à ses deux extrémités et rempli alternativement d'alcool et d'eau, on voit, lorsqu'on fait tomber un même nombre de gouttes, que la colonne du liquide restant dans le tube est très-haute, quand on opère avec de l'alcool, qu'elle est au contraire très-courte quand on opère avec de l'eau, et que toujours, pour le même nombre de gouttes, elle est plus ou moins étendue, suivant qu'on répète l'expérience avec des liqueurs plus ou moins alcooliques.

« Voici la description sommaire de l'instrument que nous avons construit, en nous basant sur ces faits :

« On prend un tube de verre de 30 à 35 centimètres de longueur, et d'un diamètre intérieur de 1 millimètre environ. On étire et on courbe à angle droit, à la lampe, une de ses extrémités, de manière à faire un bec de 2 millimètres de diamètre, en y ménageant un orifice capillaire. A l'autre extrémité que l'on courbe aussi à angle droit, mais en sens inverse, on fixe une petite ampoule en caoutchouc analogue à celle dont sont munis les compte-gouttes ordinaires. Sur une planchette horizontale maintenue par une boîte rectangulaire qui sert à loger l'instrument, on fixe le tube ainsi préparé et l'on emprisonne la boule de caoutchouc dans une espèce de cage adhérente à cette planchette. Au moyen d'une vis micrométrique transmettant son action à une plaque mobile qui fait pression sur la boule de caoutchouc, on peut, suivant qu'on fait tourner la vis dans un sens ou dans l'autre, produire un mouvement d'aspiration ou de sortie. »

Si on fait monter de l'eau distillée jusqu'à un point fixe, et qu'on en fasse écouler 10 gouttes,

(1) Union Pharm. 1869, p. 152.

il ne restera que 2 centim. environ de liquide dans le tube ; avec l'alcool absolu, il en resterait 19 à 20 centimètres. — L'instrument est gradué expérimentalement avec des mélanges d'un titre connu, et, pour éviter les corrections relatives à la température, on fait à chaque fois une expérience préliminaire avec de l'eau, à la même température, de façon à pouvoir fixer le 0 de l'échelle, qui est mobile.

D'après les auteurs, cet instrument donne ses indications plus exactes avec des alcools faibles qu'avec des alcools forts ; les matières extractives du vin ne modifient pas sensiblement le résultat.

M. Salleron avait proposé l'emploi d'une balance de précision pour déterminer le poids des gouttes ; ce moyen nous paraît peu praticable.

Ces deux instruments, appliqués à l'essai des vins, permettent d'opérer plus rapidement que par la distillation. Mais ils présentent quelques inconvénients : dans le capillarimètre, les degrés étant très rapprochés, il est difficile d'en apprécier exactement la hauteur, et, si on diminue le diamètre du tube dans le but d'augmenter la distance des degrés, la colonne liquide devient alors presque imperceptible. Le système de correction, adopté pour les variations de la température, est-il suffisamment exact, ou, en autres termes, la chaleur déprime-t-elle l'alcool et l'eau de quantités proportionnelles ? Si cela est, une échelle unique ne saurait convenir.

Mais l'inconvénient le plus sérieux, et qui s'opposera peut-être à l'adoption de ces instruments, c'est la difficulté de nettoyer complètement les tubes capillaires : cette opération est indispensable cependant avant de soumettre à l'essai un nouveau liquide.

TABLEAU A.

Le tableau A contient des indications qui peuvent être utiles dans plusieurs circonstances, ce tableau ayant servi à la détermination des degrés du pèse-alcool, il paraît logique d'en donner le mode de formation, avant la description de ce dernier instrument, en commençant par la colonne *Densité*, qui a servi à calculer les autres.

DENSITÉ. — Les densités que je reproduis ici sont généralement conformes à celles qui se trouvent dans la plupart des ouvrages. Je dois déclarer que je n'ai pas fait de nouvelles expériences

pour les vérifier ; je m'en suis rapporté au travail de M. Pouillet (1) qui, il y a une douzaine d'années, a fait, avec le plus grand soin, la vérification des densités qui ont dû servir à Gay-Lussac ; on en a reconnu la parfaite exactitude.

Déjà Lowitz, en 1796, Blagden et Gilpin, de 1790 à 1794, avaient déterminé ou calculé les densités des divers mélanges alcooliques, et ils étaient arrivés à des résultats très-rapprochés de ceux de Gay-Lussac, et en différant tout au plus de quelques dix-millièmes. Il est bon de faire remarquer que c'est à 15° que M. Pouillet a trouvé 0,7947 pour la densité de l'alcool absolu comparée à celle de l'eau à la même température, soit 0,999133 ; la densité de l'alcool, à 15°, celle de l'eau étant 1, serait 0,79401 ; et à 0°, dans les mêmes conditions, elle serait représentée par 0,80619. Quelques auteurs donnent, pour la densité de l'alcool absolu, un chiffre un peu différent, variant de 0,792 à 0,802 ; cependant, comme le fait judicieusement remarquer M. Pouillet, il est important d'adopter le chiffre 0,7947, autant à cause de son exactitude réelle, que parce qu'il a servi de base à la construction de l'alcoomètre centésimal.

J'ajouterai cependant que je n'ai pas accepté les premiers chiffres que j'ai trouvés, sans les soumettre à une sorte de contrôle, qui consiste tout simplement à examiner la différence entre deux densités successives. On trouve, par exemple, dans la Pharmacopée de Guibourt (1841), pour l'alcool à 62, le nombre 909.7, pour exprimer la densité, tandis que le tableau A indique 909.5. En comparant entre elles les densités qui correspondent aux degrés 60e, 61e, 62e, 63e, 64e..., on trouve, d'après Guibourt, 22, 23, 21, 25, 23..., comme différences. Or, si de 59e à 60e, et de 60e à 61e, la densité diminue de 22 et de 23, il est difficile d'admettre que cette diminution devienne 21, de 61e à 62e, puis 25, de 62e à 63e, pour redevenir 23 ensuite. En adoptant, au contraire, 909.5 pour la densité de l'alcool à 62e, on obtient, pour les différences successives, les chiffres 22, 23, 23, 23, 23..., qui paraissent plus rationnels. Si, en effet, les densités successives ne présentent pas entre elles une différence constante, on ne saurait cependant se refuser d'admettre une certaine régularité dans la marche de cette différence, qu'elle tende à augmenter ou à diminuer.

Il est évident qu'il ne faudrait pas trop étendre ce mode empirique de correction : il a cependant l'avantage de signaler une erreur typographique ou autre, telle que celle qui se trouve dans la table de Collardeau, publiée par Würtz (*Dictionn. de Chim.*), où la densité de l'alcool à 99e est représentée par 8096, au lieu de 7996. A cela près, les densités que nous reproduisons sont conformes à celles de Collardeau, à un dix-millième près pour quelques-unes.

---

(1) Mém. cit. p. 416 et 431.

Colonne 1. — Cette colonne indique la correspondance des degrés centésimaux avec les degrés Cartier, telle qu'elle se trouve reproduite dans plusieurs ouvrages, et sans la moindre modification.

Col. 2. — La colonne 2 indique en même temps le degré centésimal, et la quantité d'alcool pour cent, en volume, contenue dans un liquide spiritueux.

Col. 3. — La troisième colonne a été rapprochée à dessein de la deuxième, parce qu'elle donne en même temps, en volume ou en poids, la proportion d'eau qu'il faut ajouter au volume correspondant d'alcool absolu, pour former 100 parties en volume. On voit qu'en additionnant un terme (60) de la colonne 2 avec le terme correspondant 43.73 de la colonne 3, on obtient une somme (60+43.73=103.73) supérieure à 100 de 3.73. C'est cette dernière quantité qui représente la *contraction* du mélange ; car, si à 60 centimètres cubes d'alcool pur, on ajoute 43.73 centimètres cubes d'eau distillée, et qu'on laisse le mélange reprendre sa température primitive, soit 15°, on obtiendra exactement 100 centimètres cubes d'alcool à 60°.

Le calcul des chiffres de la colonne 3 est très simple. Supposons qu'on veuille précisément avoir la valeur de 43,73 qui correspond au degré 60°. En nous reportant à la densité 914,1 (ou poids d'un litre), nous avons 91gr41 pour le poids de 100 centimètres cubes d'alcool à 60°, contenant 60 centimètres cubes d'alcool absolu. En prenant 0.7947, pour la densité de l'alcool absolu, rapportée à l'unité, son poids, d'après la formule $P = VD$, sera

$$60 \times 0.7947 = 47^{gr}682 \text{ d'alcool absolu.}$$

Le poids de l'eau sera donc 91.41 — 47.682 = 43.728, ou 43.73 en supprimant la dernière décimale.

D'une manière générale, soit x la quantité d'eau correspondant à un degré centésimal c, dont la densité D est rapportée à celle de l'eau égale à 100, soit d la densité de l'alcool absolu, rapportée à celle de l'eau égale à 1, c'est-à-dire le nombre 0,7947, on a

$$x = D - cd$$

Col. 4. — Le produit cd donne en même temps la quantité d'alcool en poids, contenue dans 100 parties en volume.

Col. 5 et 6. — Ayant déterminé, comme il vient d'être dit, le poids de l'alcool absolu contenu

dans 100 centimèt. cubes de liquide alcoolique, dont le poids est de 91gr41, dans l'exemple choisi, on arrive, par un simple calcul de proportions, à savoir la quantité qu'il y en aurait dans 100 grammes,

$$\frac{x}{100} = \frac{47.68}{91.41}, \text{ d'où } x = \frac{47.68 \times 100}{91.41} = 52.16.$$

Dans 100 grammes d'alcool à 60c, il y a donc 52gr16 d'alcool absolu, et 100 — 52gr16 = 47gr84 d'eau.

Formule générale. — En désignant par g la proportion 0/0 d'alcool en poids, par c le degré centésimal, par d la densité de l'alcool absolu, et D la densité qui correspond à ce degré, on est conduit à la formule

$$g = \frac{cd}{D}$$

La quantité d'eau s'obtient par différence $E = 100 - g$.

Divers auteurs, et notamment Dorvault (Officine), Würtz (Dict. de Chim. — Tables de Tralles, d'après Gilpin), Guibourt (Pharmacopée), donnent le tableau de la composition en poids, que nous reproduisons, mais avec quelques erreurs. Ainsi Dorvault, pour l'alcool à 1°, donne 2 p. 0/0 en poids; d'ailleurs ce tableau est faux presque d'un bout à l'autre; le tableau de Guibourt est généralement exact; il n'y a guère que les quantités qui correspondent aux degrés 5c et 7c qui soient erronées; quant aux tables publiées dans le Dictionn. de Würtz, il n'y a guère à relever que le chiffre 87,09 correspondant à 91c, et à la place duquel il faudrait 87,05, en calculant d'après les densités admises par Tralles lui-même; les petites différences qui existent entre ces densités et celles que nous avons adoptées, expliquent d'ailleurs la légère différence des résultats dans la composition pour cent au poids.

Les calculs des colonnes 3, 4, 5 et 6, ont été refaits trois fois, et, les résultats ayant été identiques, on peut être convaincu qu'ils sont exacts : ce travail, quoique long et fastidieux, était indispensable pour pouvoir établir la valeur des degrés pondéraux sur une base certaine.

Colonne 7. — *Coefficient de correction.* — Nous avons déjà signalé l'influence de la température sur le degré accusé par l'alcoomètre, qui ne peut donner des indications exactes qu'à la condition d'opérer à la température de 15° centigrades, condition qu'il n'est pas toujours possible de réaliser. On a alors recours à la *table de la force réelle*, de Gay-Lussac, qui fournit le moyen d'opérer facilement les corrections, pour toutes les températures comprises entre 0° et 30°. On peut cependant

se dispenser de cette table, à l'aide de la colonne 7, qui indique, en centièmes, la variation que chaque degré alcoométrique éprouve, pour un changement de température de 1°; je lui donne le nom de *coefficient de correction.*

En examinant attentivement la table de la force réelle, on remarque, surtout de 30° à 100°, que, pour chaque degré de température au-dessus ou au-dessous de 15°, il faut diminuer ou augmenter le degré alcoométrique observé, d'une quantité constante pour un alcool au même degré, mais variable suivant la force de cet alcool. C'est cette quantité qu'il s'agit de déterminer.

Si l'on veut savoir le degré que l'alcool à 80°, par exemple, accusera à l'alcoomètre, aux diverses températures comprises entre 0° et 30°, on ne trouvera pas, dans les tables, une solution directe. On pourra cependant y arriver par un moyen détourné. En parcourant la ligne horizontale qui correspond à la température 0°, à la page 71-80, on trouve que 79,5 correspondent à 75°; c'est-à-dire que l'alcool qui marque 75° à 0° est de l'alcool à 79°5; on trouve, de la même manière, que l'alcool qui indique 76° à 0° est de l'alcool à 80.5; on est donc conduit à admettre qu'à 75°5 correspondraient 80°; autrement dit que l'alcool à 80°, à 15°, marquerait, à 0°, 75°5. En suivant le même procédé, on peut trouver toutes les valeurs du degré 80°, si la température variait de 0 à 30°; mais il suffit de déterminer celles qui correspondent aux températures 0°, 5°, 10°, 20°, 25° et 30°, celle de 15° étant 80° naturellement. On peut ainsi former le tableau suivant :

Température	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
Degrés observés	75°5	77°	78°5	80°	81°5	82°9	84°4
Différences	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	

On voit d'après cela que l'alcool à 80°, pour une élévation de température de 5°, accuse à l'alcoomètre 1°5 en plus; pour 1° on aura $\frac{1.5}{5} = 0.30$.

La fraction 0.30 représentera donc le coefficient de correction du degré 80°.

En soumettant au même calcul tous les degrés alcoométriques, on en a déterminé le coefficient de correction, tel qu'il se trouve reproduit dans la colonne 7.

Mais, objectera-t-on, si on prend la force de l'alcool à 80°, à la température de 25°, l'alcoomètre indiquera 82°9, au lieu de 80°, et on prendra comme coefficient de correction, 0.29 qui correspond à ce degré, et non 0.30, qui représente le coefficient de 80°; ce qui tendrait à montrer que le même degré alcoométrique devrait avoir plus d'un coefficient. L'observation est juste; cependant, il est bon de faire remarquer que la force apparente ne croît pas aussi vite que la tem-

pérature, de sorte qu'il conviendrait, par cela même, d'adopter un coefficient plus petit à mesure que la température s'élève. C'est précisément ce qui a lieu, le coefficient de 83^c étant plus petit que celui de 80^c, et cela pour des raisons faciles à développer.

En parcourant la colonne des corrections, on voit qu'à partir de 30^c ou 35^c, les valeurs vont en diminuant au lieu d'aller en augmentant. On sait cependant que le coefficient de dilatation de l'alcool est plus élévé que celui de l'eau, et doit rester d'autant plus élevé, dans un mélange des deux liquides, que la proportion d'alcool par rapport à l'eau est plus grande. Mais il ne faut pas perdre de vue, que les distances entre chaque degré, sur l'échelle, vont en augmentant, et cette augmentation est plus rapide que celle du coefficient de dilatation. Les chiffres qui se trouvent dans la colonne 7, représentent la correction pour un degré alcoométrique, ou, si l'on aime mieux, une fraction de ce degré, et non le coefficient de dilatation véritable qui se rapporte à un même volume de liquide. Aussi est-ce à dessein que je les appelle *coefficients de correction*, pour qu'on ne soit pas exposé à les confondre avec les coefficients de dilatation.

Pour les alcools faibles, entre 1^c et 30^c la dilatation n'est plus aussi régulière et la chose est facile à expliquer. Tout le monde sait que de 0° à 4°, l'eau diminue de volume pour augmenter ensuite : Si à beaucoup d'eau on ajoute peu d'alcool, on ne modifiera pas sensiblement la dilatabilité du liquide; il sera par suite impossible d'avoir, pour les alcools faibles, une échelle régulière de correction, entre les températures 0° et 15°, ou, dans tous les cas, elle sera différente de celle qui pourra servir entre les températures 0° et 30°, c'est pour ces motifs que nous donnons, entre 0^c et 30^c, deux colonnes de corrections, la première devant servir pour les températures inférieures à 15°, et la deuxième pour celles qui sont supérieures.

L'usage des coefficients de correction se devine facilement, puisqu'ils représentent la fraction dont varie chaque degré alcoométrique pour 1 degré de température : ce sujet sera plus longuement développé à l'occasion du pèse-alcool.

On trouve dans plusieurs ouvrages de physique, de chimie et de pharmacie, des extraits de la table de la force réelle de Gay-Lussac, à laquelle les auteurs ont cru suppléer, en choisissant les degrés les plus employés. D'après ce qu'on vient de lire, il est facile de s'apercevoir que c'est là une erreur, et que ces extraits ne s'appliquent nullement aux degrés les plus employés.

Qu'on consulte la colonne 60^c, par exemple, on verra qu'elle ne donne pas les variations qu'éprouve ce degré, selon la température, puisque en face de 25° tempér., on lit 56^c,5, mais bien le

degré des esprits qui marquent 60^c^ à diverses températures ; ainsi l'alcool qui marque 60^c^ à 25° est du 56^c^,5. En résumé, cette colonne 60^c^ fait savoir que les alcools compris entre 65^c^ et 54^c^,7 marquent 60^c^ de 0 à 30° ; elle donne la correction pour certaines températures, pour les degrés compris entre 54^c^,7 et 65^c^, et aucune indication sur le degré 60 lui-même. On voit par-là que les tables de Gay-Lussac ne peuvent être utiles qu'à la condition d'être complètes.

TABLEAU B.

Ce tableau contient, comme on voit, la correspondance des degrés centésimaux avec les degrés pondéraux, la densité et la correction de ces derniers degrés.

Colonnes 1 et 2. — Remarquons d'abord que la colonne 6 du tableau A n'est autre chose que la correspondance des degrés pondéraux avec les degrés centésimaux : il s'agit de trouver la correspondance inverse. Soit à trouver le degré centésimal qui correspond au degré pondéral 73. En consultant le tableau A, on voit qu'il sera compris entre 79^c^ et 80^c^, comme 73^g^ est compris entre 72^g^,40 et 73^g^,54, dont la différence est de 1,14.

En élevant le degré pondéral 72,40 de 0,60, on a 73^g^ ; on peut donc admettre que le degré 79^c^, augmenté d'une quantité proportionnelle, donnera la correspondance avec 73^g^ : en appelant x cette quantité, on a le rapport

$$\frac{x}{0.60} = \frac{80-79}{73.54-72.40}$$

$$\text{d'où } x = \frac{1 \times 0.60}{1.14} = 0.52.$$

Le degré centésimal qui correspond à 73^g^ sera donc $79 + 0.52 = 79^c,52$ ou 79^c^,5, en négligeant la dernière décimale.

On serait arrivé au même résultat en opérant sur 80^c^ et 73^g^,54.

Colonne 3.— Un calcul d'interpolation, analogue au précédent, a permis d'arriver à déterminer les densités avec une approximation de 1 dix-millième.

Colonne 4. — Il est d'abord évident que, chaque degré pondéral n'ayant pas la même étendue que le degré volumétrique qui est en regard, le même coefficient ne pouvait convenir aux deux

échelles. Ayant calculé, par une méthode qu'on trouvera exposée plus bas, la valeur numérique de chaque degré pondéral et celle des degrés centésimaux, on arrive facilement, à l'aide des coefficients de correction de ces derniers, à trouver ceux des degrés pondéraux.

Supposons l'alcoomètre, plongé dans un liquide, et affleurant à la hauteur 91^c, qui correspond exactement à 87^g, et que la température soit de 16°. Si la température s'abaisse à 15°, l'instrument montera, et nous savons, d'après la table de correction (Tableau A) qu'il marquera 90^c.75, autrement dit que le degré 91^c aura perdu 0,25, pour un abaissement de température de 1°. Il reste à savoir quelle est la fraction du degré pondéral 87^g que représente cette quantité 0.25.

Le degré volumétrique 91^c est représenté par une hauteur au-dessus de 90^c, de 4^{mm}9, la hauteur du degré pondéral 87^g étant 3^{mm}8. Mais, puisqu'il faut que la quantité dont l'alcoomètre s'est élevé au-dessus du liquide, quand la température s'abaisse de 1°, soit représentée par une longueur égale sur les deux échelles, on a

$$x \times 3.8 = 0.25 \times 4.9$$

$$\text{d'où } x = \frac{0.25 \times 4.9}{3.8} = 0.32$$

$x = 0.32$ sera le coefficient de correction du degré 87^g. Ce système de calcul a été répété pour tous les degrés pondéraux.

En parcourant la colonne 4, on remarquera que les coefficients de correction sont moins variables que ceux des degrés centésimaux : c'est que les degrés pondéraux eux-mêmes croissent moins vite que les autres et suivent une marche plus régulière. J'ajouterai que la fraction 0.34 étant celle qui se présente pour les degrés les plus employés, on pourra, sans erreur sensible, adopter pour correction 1/3 de degré pondéral pour 1 degré de température. A ce point de vue encore, l'emploi des degrés pondéraux devient plus avantageux que celui des degrés volumétriques.



DESCRIPTION DU NOUVEAU PÈSE-ALCOOL

Le nouveau *Pèse-Alcool* présente les mêmes dispositions que l'alcoomètre centésimal, dont il reproduit les degrés. Une échelle supplémentaire indique les ***degrés pondéraux*** ou la composition en poids de l'alcool essayé ; l'avantage de l'emploi de ces degrés est de faciliter toutes les opérations du mouillage, en donnant les proportions exactes d'alcool absolu et d'eau qui entrent dans un mélange, ce que l'alcoomètre centésimal ne donne pas.

En regard des degrés se trouvent deux autres échelles qui permettent de faire immédiatement les corrections relatives à la température et de dispenser de l'usage de tables spéciales.

J'avais d'abord pensé, pour rendre l'instrument complet, à y adapter un thermomètre, dont le 0 correspondrait à 15° centigrades, et à réunir ainsi toutes les indications qu'on peut désirer. Malgré ce que cette idée peut avoir de séduisant, je crains cependant que son application ne soit, dans la pratique, plus nuisible qu'utile, à cause de la difficulté d'avoir, dans ces conditions, un bon thermomètre et à cause de la plus grande complication de l'instrument, dont le prix s'en trouverait nécessairement augmenté.

Les coefficients de correction, représentés par les petits chiffres 40. 38. 34. 30... inscrits en face des degrés, ne sont autre chose que la reproduction de la colonne 8 du tableau A : pour plus de simplicité le 0 et la virgule ont été supprimés ; mais il ne faut pas perdre de vue que ces nombres indiquent des centièmes de degré. J'ai déjà dit, à l'occasion du tableau A, la manière dont ils ont été obtenus ; il me reste à en faire connaître l'usage.

Correction relative a la température. — On connaît la formule de correction donnée par Francœur, $x = d \pm 0.4 \times t$, dans laquelle x indique le degré cherché, d le degré observé, et t la différence de température avec 15°. La valeur $0.4 \times t$ a les deux signes + et —, parce que, en effet, elle est *additive* quand la température est inférieure à 15°, et *soustractive* dans le cas contraire. Cette formule est très-

commode : seulement la fraction constante 0,4 n'est à peu près exacte que pour les degrés centésimaux compris entre 30ᶜ et 45ᶜ, c'est-à-dire pour les eaux-de-vie, et elle est tout à fait fautive pour les alcools forts, l'alcool à 90ᶜ, par exemple.

Mais si, à la place de la constante 0,4, on met dans la formule de Francœur une fraction variable avec chaque degré, mais constante pour le même degré, c'est-à-dire le coefficient de correction, on obtiendra des résultats tout à fait satisfaisants. En désignant ce coefficient par K, on est conduit à la formule générale.

$$x = d \pm \mathrm{K}t.$$

Un exemple rendra ces détails plus clairs :

L'alcoomètre plongé dans un liquide spiritueux marque 90^c au point d'affleurement, la température étant 25° ; en face de 90^c, on lit 26, qu'il faut écrire 0,26 ; c'est la valeur de K ; $t = 25 - 15 = 10$; en appliquant ces données dans la formule générale ci-dessus, et adoptant le signe *moins*, bien entendu, on a

$$x = 90 - 0{,}26 \times 10 = 87^c.4.$$

Le degré réel de l'alcool sera donc de 87^c,4, résultat conforme à celui des tables de Gay-Lussac.

Nous devons faire observer cependant que les résultats obtenus par cette méthode diffèrent quelquefois de ceux des tables ; mais l'erreur atteint rarement 2 dixièmes de degré, et peut par conséquent être négligée.

Dans l'exemple ci-dessus, on aurait obtenu par la formule de Francœur

$$x = 90 - 0.4 \times 10 = 86^c$$

ce qui donne une différence de près de 1 degré et demi, différence considérable, par conséquent.

L'échelle de correction présente encore un autre avantage. On a souvent besoin de vérifier le titre d'un esprit à une température autre que 15°. Supposons la température de 25°, et qu'on veuille s'assurer que le titre d'un alcool donné est bien de 60^c. On est tenté de chercher, dans la table de la force réelle, à l'intersection des deux colonnes 25° et 60^c, où on trouve 56^c,5, chiffre qui évidemment ne répond pas à la question. On savait, *à priori*, que l'alcool à 60^c doit marquer plus de 60^c à 25°. A l'aide des tables, on ne peut trouver le résultat demandé qu'au moyen de l'artifice que nous avons indiqué en exposant le calcul des coefficients de correction. En cherchant dans la colonne horizontale qui correspond à 25°, on trouve 60,6 et au-dessus 64^c ; l'alcool qui marque 64^c à 25° sera du 60^c,6 ;

d'où l'on peut conclure que l'alcool à 63,4 à 25° sera du 60° à 15°. Les coefficients de correction auraient de suite donné le même résultat, avec la même formule générale, mais en adoptant le signe + et 0,34 pour la valeur de K.

$$x = 60 + 0.34 \times 10 = 63^{c}4.$$

Ici il s'agit de calculer ce que l'alcool à 60° marquerait à 25°, et non plus ce que marquerait à 15° un alcool dont la force à 25° est donnée par l'instrument.

En résumé, les tables de Gay-Lussac permettent de passer de la *force apparente* à la *force réelle*, mais ne donnent pas directement le résultat inverse ; les coefficients de correction fournissent au contraire un moyen facile de passer de la *force apparente* à la *force réelle* et réciproquement.

Détermination des degrés centésimaux. — En adoptant pour la hauteur totale de l'échelle centésimale, une valeur qui peut être arbitraire, on peut, par le calcul, trouver la hauteur relative de chacun des degrés au-dessus du zéro, en se basant exclusivement sur les densités correspondantes.

Soient P le poids de l'alcoomètre, v le volume de la *carène*, c'est-à-dire de la partie immergée quand l'instrument est plongé dans l'eau distillée ; on a d'abord

$$v = \mathrm{P}$$

Si on plonge l'instrument dans l'alcool absolu, d'une densité d, le volume v' de la partie immergée sera (d'après la formule $\mathrm{P} = \mathrm{VD}$),

$$v' = \frac{\mathrm{P}}{d}$$

mais $\mathrm{P} = v$, donc

$$(1) \qquad v' = \frac{v}{d}.$$

$v' - v$ représente le volume du cylindre qui forme la tige de l'instrument de 0 à 100 degrés.

Soit b, la base de ce cylindre, la hauteur h sera

$$(2) \qquad h = \frac{v' - v}{b}.$$

Or, $v' = \frac{v}{d}$; remplaçant v' par sa valeur dans l'équation (2), il vient

$$h = \frac{\frac{v}{d} - v}{b} = \frac{vb - vbd}{d} = vb\,\frac{1 - d}{d} \qquad (3)$$

v et b étant des valeurs constantes, on peut supposer $vb = 1$. Alors on a

$$(4) \qquad h = \frac{1-d}{d}$$

En appliquant cette formule à l'alcool absolu, on obtient pour la hauteur du degré 100

$$h = \frac{1 - 0.7947}{0.7947} = 0.25834$$

On peut évidemment se servir de la formule (4) pour calculer la hauteur d'un degré quelconque de l'échelle, en donnant à d la valeur de la densité correspondante ; on obtient ainsi la hauteur relative de tous les degrés, en supposant le degré 100 représenté par 0.25834. Ce calcul a été fait pour les 100 degrés de l'alcoomètre, ce qui a permis d'avoir pour chacun d'eux une valeur numérique plus approchée que celle qui peut être appréciée sur la tige d'un instrument ordinaire. En considérant le nombre 0.25834, comme représentant une fraction du mètre, la hauteur totale de l'échelle sera $258^{mm}34$, à un centième de millimètre près. La hauteur de tous les degrés étant déterminée, il est facile de dresser une échelle-type, ayant pour hauteur totale $258^{mm}34$ et pouvant dès lors, à l'aide de lignes proportionnelles, servir à tracer les degrés d'un alcoomètre quelconque, pourvu que deux de ses degrés aient été déterminés préalablement, d'après un alcoomètre étalon, et que la tige soit parfaitement régulière.

Graduation de l'Alcoomètre sans alcool et sans étalon. — Cependant, comme on peut avoir des doutes sur l'exactitude de l'alcoomètre étalon, ou que même on peut s'en trouver complètement privé, je vais indiquer un autre procédé de graduation, basé uniquement sur l'emploi de l'eau distillée.

Pour trouver la valeur de b dans la formule (3) ci-dessus, voici la manière de procéder :

On plonge l'alcoomètre, convenablement lesté, dans l'eau distillée ; on marque un trait au point d'affleurement ; on surcharge l'alcoomètre d'un poids exact de 1 gramme, par exemple ; cette surcharge doit rester en dehors du liquide ou du moins ne doit pas modifier le volume de la partie immergée ; on pourrait plus commodément mettre un gramme de mercure dans la boule. Cela fait, on replonge l'instrument dans l'eau, et l'on note par un second trait le point d'affleurement. Il est facile de voir que la portion de la tige comprise entre les deux traits, représente exactement un centimètre cube. Car, si, dans le premier cas, l'instrument pesait 14 grammes, il déplaçait 14 centimètres cubes d'eau, et, dans le deuxième cas, pesant 15 grammes, il déplacera 15 centimètres cubes. Ce centimètre cube de différence est justement représenté par

la portion de la tige comprise entre les deux traits. Si donc on mesure avec soin la distance entre les deux traits, et qu'on en fasse le diviseur de 1, on obtiendra la surface de la section de la tige, quelle que soit, du reste, sa forme, cylindrique ou aplatie, pourvu qu'elle soit régulière. En prenant à l'aide d'une bonne balance, le poids de l'alcoomètre lui-même, on aura tous les éléments pour la détermination d'un degré quelconque de l'échelle, et par conséquent pour sa formation tout entière.

En se reportant à la formule (3), où on sait que $v = P$, on a

$$h = Pb\,\frac{1-d}{d},$$

où toutes les quantités sont connues.

On peut d'ailleurs, suivant les dimensions de l'appareil que l'on veut graduer, le surcharger des poids de 2, 3, 4... grammes, et alors ce sont ces nombres qu'on divise par la distance entre les deux traits. Par des essais successifs, on peut s'assurer en même temps de la régularité de la tige.

Dans l'exposé précédent, je n'ai pas parlé de la température ; il faudrait rigoureusement, pour avoir des résultats exacts, opérer à 4° lorsque l'eau est à son maximum de densité ; à toute autre température, on obtiendrait pour un centimètre cube une valeur plus grande que la valeur réelle; mais la différence est parfaitement négligeable. Supposons, en effet que le thermomètre marque 15° sachant que 1 centimètre cube d'eau pèse, à cette température, $0^{gr},999133$, le volume de 1 gramme sera $1^{c. cube},00086$. En se mettant dans les conditions les plus défavorables, et en supposant, par exemple, que la section de la tige soit seulement de 10 millimètres carrés, la hauteur, entre les deux traits, sera de $100^{mm},086$, au lieu de 100^{mm}, qu'on aurait trouvés à la température de 4°. On voit que la différence est moindre que 1 dixième de millimètre, quantité trop minime pour qu'il soit réellement indispensable d'en tenir compte dans la construction d'un alcoomètre ordinaire.

Avant de terminer ce qui a trait à l'échelle centésimale, je présenterai encore quelques observations. On serait tenté de croire, d'après la formule $P = VD$, que les hauteurs des degrés sont en raison inverse des densités, et qu'il suffirait, pour avoir la valeur de chacun, de dresser une échelle où cette valeur serait représentée par une quantité proportionnelle à la différence des densités successives.

En désignant par V le volume de la partie immergée, et supposant la tige continue, on a $V = hb$; en remplaçant dans l'équation ci-dessus V par hb, on aurait

$$P = hbD$$

où P, poids de l'instrument, est invariable ainsi que b; il faudrait donc, pour qu'elle fût vraie, que h variât en raison inverse de D.

Il n'en est rien cependant, car si l'on prend la formule (4)

$$h = \frac{1 - d}{d}$$

et qu'on la compare à une autre hauteur

$$h' = \frac{1 - d'}{d'}$$

en faisant par hypothèse $h > h'$, et par suite $d' > d$, on aura

$$\frac{h}{h'} = \frac{\frac{1 - d}{d}}{\frac{1 - d'}{d'}} = \frac{(1 - d)\,d'}{(1 - d')\,d}$$

Or, puisque $d' > d$, $1 - d'$ est plus petit que $1 - d$; le rapport $\frac{d'}{d}$ étant multiplié par des quantités inégales, on ne peut donc pas avoir

$$\frac{h}{h'} = \frac{d'}{d}$$

Je n'aurais pas exposé ces calculs s'ils ne devaient me servir en même temps à montrer pourquoi les degrés vont en augmentant à mesure qu'on s'approche du sommet de la tige.

Supposons constante la différence entre deux densités successives, soit :

$$d' - d = a \text{ et } d'' - d' = a,$$

Si $d'' > d'$ et $d' > d$, on aura d'abord $h > h'$ et $h' > h''$; h, h', h'', représentant les hauteurs des degrés au-dessus de 0.

Je pose

$$h - h' = \frac{1 - d}{d} - \frac{1 - d'}{d'} = \frac{d' - d}{dd'}$$

Mais $d' - d = a$, donc

$$(1) \qquad h - h' = \frac{a}{dd'}.$$

On aura même

$$(2) \qquad h' - h'' = \frac{a}{d'\,d''}$$

Or, puisque $d'' > d'$, et que $d' > d$, le produit $d''\,d' > d'\,d$.

Ces produits étant en dénominateurs, il s'ensuit que

$$\frac{a}{d' d''} < \frac{a}{d d'}$$

et par conséquent que

$$h' - h'' < h - h'.$$

On voit par là que, même en supposant constante la différence entre deux densités successives, les degrés n'en iraient pas moins en augmentant à mesure qu'on s'élève vers le sommet de l'échelle. Cependant de 0c à 20c, les degrés vont en diminuant, ce qu'il faut attribuer à la contraction qui a toujours lieu lorsqu'on mêle de l'alcool et de l'eau.

On pourrait se rendre compte de la variation de la grandeur des degrés sans le secours de formules algébriques. En effet, le poids de l'alcoomètre est bien constant, mais la quantité du liquide déplacé diminue à mesure que la densité augmente. Cette diminution se traduisant sur la tige, il s'ensuit que les degrés deviennent par cela même plus petits, à mesure qu'on descend l'échelle. Ceci fait voir également l'erreur où était Baumé, en pensant que son pèse-sels, gradué d'après son procédé avec des divisions égales, pouvait donner des indications exactes ; en admettant qu'il n'y eût pas d'ailleurs d'autres causes, telle que la contraction, susceptibles de modifier les résultats.

Calcul des degrés pondéraux.— J'ai déjà dit, à l'occasion du tableau B, comment on peut établir la correspondance entre les degrés pondéraux et les degrés centésimaux. Mais il était important d'obtenir, pour les premiers, une valeur plus précise, autant pour pouvoir en dresser une échelle exacte, que pour calculer les coefficients de correction qui leur conviennent.

Soit à déterminer la hauteur du degré pondéral 71. En se reportant au tableau A, col. 5, on trouve que le degré pondéral 71 est compris entre 70.12 et 71.26, qui correspondent aux degrés centésimaux 77c et 78c, dont la hauteur est respectivement 146mm00 et 149mm56. On a donc toutes les données qu'on peut disposer ainsi :

	VOL.	POIDS	HAUTEUR
	78	71.26	149mm56
	77	70.12	146 00
Différence.	1	1.14	3mm56

Ainsi, à ce niveau de l'échelle, une hauteur de 3mm56 représente 1.14 d'alcool en poids, 71,26 — 71 = 0,26, sera représenté par

$$\frac{3{,}56 \times 0{,}26}{1{,}14} = 0{,}81.$$

Retranchant 0,81 de 149,56, qui représente la hauteur de 71,26, on a 148mm75, qui sera la hauteur du degré pondéral 71g, au-dessus du 0, à un centième de millimètre près.

En faisant le calcul à l'aide du nombre 70,12, on serait arrivé au même résultat.

La même opération, répétée pour tous les degrés pondéraux, a permis d'en dresser un tableau, avec les valeurs numériques, analogue à celui qui a été fait pour les degrés centésimaux, et pouvant servir à tracer l'échelle des degrés, on peut remarquer que l'échelle pondérale présente plus de régularité que l'échelle volumétrique (Fig. 1. E E).

Les corrections relatives à la température, se font comme pour les degrés centésimaux, à l'aide des coefficients de correction, inscrits en regard de l'échelle des degrés, l'instrument étant supposé gradué à la température de 15°.

MOUILLAGE

On a souvent besoin d'abaisser le titre d'un alcool, soit à l'aide de l'eau, soit à l'aide d'un esprit d'un degré inférieur ; c'est à cette opération qu'on donne le nom de *mouillage*.

L'instruction pour l'usage de l'alcoomètre centésimal fournit d'une manière exacte la solution des problèmes de mouillage, quand on n'a à mêler que de l'alcool et de l'eau, mais ne donne plus qu'un moyen approché, quand il s'agit de deux alcools de spirituosité différente. A l'aide du Tableau A, ou du pèse-alcool, on arrive à un résultat exact dans les deux cas.

Rappelons d'abord le procédé de Gay-Lussac. Dans la table de mouillage, on trouve, pour chaque degré depuis 30° jusqu'à 90°, la quantité d'eau qu'il faut ajouter à 1000 litres d'un alcool donné, pour l'amener à un degré inférieur déterminé. L'auteur a tenu compte de la contraction du mélange dans la construction de ses tables, et c'est pour ce motif qu'elles sont précieuses.

Mouillage par l'eau. — « 1° Si on opère sur 1000 litres, la table de mouillage donne immé-
« diatement la solution.

« 2° Convertir 648 litres de 86° en eau-de-vie de 50°.

« Je trouve dans la table qu'il faut 761 litres d'eau pour convertir 1000 litres de 86 en 50 ;
« Je multiplie 684 par 761, et j'obtiens 520524, qui, divisé par 1000, donne 520lit524 pour le volume
« d'eau que je dois ajouter à l'esprit donné.

« Le volume du 50 est égal à :

$$684 \times \frac{86}{50} = 1176^{lit},48.$$

« 3° Si l'on proposait d'obtenir avec un esprit d'une force connue un volume donné d'un
« autre liquide spiritueux d'une force plus faible, on trouverait la quantité d'esprit qu'il faut prendre,
« en multipliant le volume donné par la plus petite force et divisant le produit par la plus grande.

« *Exemple :* On donne du 86, et l'on propose de faire avec ce liquide 438 litres de 48.

« D'après la règle, le volume d'esprit que je dois prendre est égal à :

$$438 \times \frac{48}{86} = 244.4.$$

« J'obtiens le volume d'eau qui doit être ajouté à l'esprit, en cherchant dans la table du
« mouillage celui que prendraient 1000 litres du même esprit pour être convertis en 48. Je trouve
« 834, et en multipliant par ce nombre $244^{lit},4$, et divisant le produit par 1000, j'ai $203^{lit},8$ pour le
« volume de l'eau de mouillage. (1) »

A défaut de table de mouillage, on peut par les volumes résoudre les problèmes précédents, à l'aide du tableau A :

1° Convertir 684 lit. de 86, en 50.

On trouve comme ci-dessus le volume du 50 égal à $1176^{lit},48$.

Dans le tableau A, colonne 3, je trouve que, dans 1^{lit} de 50, il y a $0^{lit},5375$ d'eau, dans les 1176,48, il y en aura

$$1176,48 \times 0,5375 = 632^{lit},36 \text{ d'eau.}$$

(1) Instruct. pour l'alcoom. (1824), p. 56-57).

On trouve, de la même manière, que l'alcool à 86° contenait

$$684 \times 0,1638 = 112^{lit},04 \text{ d'eau,}$$

il a donc fallu ajouter 632,36 — 112,04 = 520^{lit},32 d'eau, résultat conforme à celui de Gay-Lussac.

2° Avec du 86, faire 438^{lit} de 48.

Ayant déterminé la quantité de 86 qu'il faut prendre comme ci-dessus,

$$438 \times \frac{48}{86} = 244^{lit},4, \text{ de } 86^{c},$$

on calcule facilement la quantité d'eau ,

Dans 1^{lit} de 48, il y a 0^{lit},5571 d'eau, dans les 438^{lit}, il y en aura 0,5571 × 438 = 244^{lit} d'eau.

Or, dans 244^{lit},4 de 86, il y a

$$0,1638 \times 244,4 = 40^{lit},23 \text{ d'eau.}$$

Il a donc fallu ajouter 244 — 40,23 = 203^{lit},77 d'eau au 86° pour avoir du 50.

On indiquera plus bas un procédé plus commode en adoptant les poids au lieu des volumes.

Mélanges d'esprits de degrés différents (1). — « 1° Supposons que l'on ait un certain « volume d'esprit d'une force donnée, et que l'on veuille l'affaiblir avec un autre liquide spiritueux « plus faible :

« Le volume cherché de l'esprit le plus faible est égal au produit du volume de l'esprit « donné par la différence de la plus grande force à la moyenne, divisé par la différence de la force « moyenne à la plus petite.

« Si l'on a, par exemple, 708^{lit} de 88, et qu'on veuille en faire du 46 avec du 34, le volume « de ce dernier qu'il faut prendre est égal à :

$$708 \times \frac{86 - 46}{46 - 34} = 2478 \text{ litres.}$$

« Par un calcul exact, c'est-à-dire en tenant compte de la contraction, le volume du même liquide est 2574 litres. La différence entre ces deux volumes est de :

$$2574^{lit} - 2478^{lit} = 96^{lit}$$

ou à peu près $\frac{1}{26}$. C'est la quantité de 34 qui manque pour convertir les 708 litres de 86 en 46. On sera

(1) Instruction pour l'alcoom. (1824), p. 56-57.

donc obligé, après avoir fait le mélange dans les proportions données par la règle ci-dessus, d'en prendre la force réelle et d'ajouter ce qui manque du 34 pour obtenir le 46.

« 2° Lorsque ce sera l'esprit le plus faible que l'on voudra remonter en totalité avec un esprit plus fort,

« Le volume de ce dernier sera égal au volume du premier multiplié par la différence de la force moyenne à la plus petite, et divisé par la différence de la plus grande force à la moyenne.

« On a par exemple 2478 litres de 34, et on veut en faire du 46 en le mêlant avec du 88,

« Le volume du 88 à prendre est égal à

$$2478^{lit} \times \frac{46 - 34}{88 - 46} = 708^{lit}.$$

« 3° Enfin, si l'on veut faire un volume donné d'un liquide spiritueux d'une force connue avec deux autres liquides, l'un plus faible, l'autre plus fort que le premier, on trouvera le volume de l'esprit le plus fort en multipliant le volume donné de l'esprit qu'on veut obtenir par la différence de la force moyenne à la plus petite et en divisant le produit par la différence de la plus grande force à la plus petite.

« Le volume du liquide spiritueux le plus faible est égal à la différence du volume donné à celui que l'on vient de trouver.

« On veut par exemple faire 3186 lit, de 46, avec du 34 et du 88.

« Le volume de l'esprit le plus fort est égal à

$$3186 \times \frac{46 - 34}{88 - 34} = 708^{lit}.$$

« Le volume de l'esprit le plus faible est égal à

$$3186^{lit} - 708 = 2478.$$

« Ces règles ne donnent que des résultats approximatifs, dont la différence peut s'élever à $\frac{1}{25}$. »

Formules générales pour le mouillage, par les volumes.— — On peut, à l'aide du Tableau A, résoudre tous ces problèmes, et voici les formules générales qui permettent d'y arriver :

Soient trois alcools forts, moyens et faibles, dont les densités sont respectivement d, d', d'', les proportions en poids d'alcool, g, g', g'' ; p, p', p'', les quantités en poids qu'il faut prendre, et v, v', v'', les volumes correspondants.

D'après la formule $P = VD$, on a

$$p = vd, \; p' = v'd', \; p'' = v''d''$$

La quantité d'alcool absolu, en poids, sera représentée par

$$vdg,\ v'd'g',\ v''d''g''.$$

On a d'abord

$$(1) \qquad v'd'g' = vdg + v''d''g''$$

C'est-à-dire que la quantité d'alcool absolu de l'alcool fort, plus celle de l'alcool faible, égale celle de l'alcool moyen.

De plus

$$(2) \qquad v'd' = vd + v''d''$$

c'est-à-dire que le poids de l'alcool moyen obtenu sera égal aux poids des deux autres.

De ces deux équations (1) et (2), l'une des valeurs, v, v', v'', étant connue, on tire facilement celles des deux autres :

1° Dans le problème n° 1 ci-dessus, v est connu, on obtient :

$$(3) \qquad v'' = \frac{vd\,(g - g')}{d''\,(g' - g'')} \qquad \text{et (4)} \qquad v' = \frac{vd\,(g - g'')}{d'\,(g' - g'')}.$$

2° Dans le suivant v'' est connu, il s'agit de trouver v et v' en fonction de cette valeur; on trouve :

$$(5) \qquad v = \frac{v''d''\,(g' - g'')}{d\,(g - g')} \qquad \text{et (6)} \qquad v' = \frac{v''d''\,(g - g'')}{d'\,(g - g')}.$$

3° Ici, v' étant connu, on obtient pour les autres valeurs :

$$(7) \qquad v = \frac{v'd'\,(g' - g'')}{d\,(g - g'')} \qquad \text{et (8)} \qquad v'' = \frac{v'd'\,(g - g')}{d''\,(g - g'')}.$$

En appliquant ces formules aux exemples donnés ci-dessus, on obtient des résultats sensiblement différents, mais complétement exacts. Ainsi on a :

	$v = 708^{lit}$,	$v' = 3257^{lit}$ et	$v'' = 2574^{lit}$,
au lieu de	708	3186 et	2478

Mouillage par l'emploi du pèse-alcool. — Après avoir donné tout au long le procédé de Gay-Lussac, pour le mouillage, et indiqué la méthode générale pour arriver à des résultats exacts, par les volumes, il me reste à décrire le procédé basé sur l'emploi du pèse-alcool uniquement.

Pour mieux fixer les idées, mettons-nous dans les conditions qui se présentent le plus fréquemment dans les laboratoires. Supposons que l'on prépare de l'extrait hydro-alcoolique de quinquina : le Codex prescrit d'employer de l'alcool à 60°, pour l'obtention de la teinture ; cette teinture, avant d'être soumise à l'évaporation à l'air libre, est distillée au bain-marie, afin d'en retirer le plus possible d'alcool. Le premier produit de la distillation est généralement d'un

degré assez élevé, de 75° à 80°; si on n'a pas terminé l'opération de la lixiviation, il est tout naturel, pour la continuer, d'utiliser l'alcool qu'on vient de distiller, à moins qu'on ne préfère le réserver pour une préparation ultérieure. Quoi qu'il en soit, on se trouve toujours dans la nécessité de l'amener au degré 60°, par exemple. On peut y arriver en y ajoutant soit de l'eau, soit les dernières portions d'alcool fournies par l'alambic, et qui marquent de 30° à 35°.

Cela posé, il peut se présenter plusieurs problèmes à résoudre.

MOUILLAGE PAR L'EAU. — *a*. Supposons qu'on veuille, par addition d'eau, amener à 60°, tout l'alcool obtenu.

On pèse d'abord, dans une balance, la quantité d'alcool que l'on veut affaiblir, soit 25k : cette pesée se fait très-rapidement, si on a eu la précaution de recueillir le liquide distillé dans un vase taré à l'avance. On en prend ensuite le degré pondéral, en observant la température, qui est de 25°, je suppose, on trouve 72g,4. En faisant la correction pour 10° de différence de température, et le coefficient de correction étant 0,34, on obtient exactement 69 degrés pondéraux. Ce qui veut dire que, dans un kilogramme d'alcool soumis à l'essai, il y a 0k,690 d'alcool pur : dans 25 kil. il y aura donc

$$0{,}690 \times 25$$

Or, on sait que pour faire un kilogr. d'alcool à 60°, il faut 0k,5216 (tableau A) ou approximativement 0k522 d'alcool absolu ; autant de fois 0k522 seront contenus dans 0,690 × 25, autant de kilogr. d'alcool à 60°, on obtiendra :

$$\frac{0{,}690 \times 25}{0{,}522} = 33 \text{ kil. d'alcool à } 60^{\circ}$$

Inutile de dire que la quantité d'eau à ajouter s'obtient par différence :

$$33 - 25 = 8 \text{ kil. ou 8 litres d'eau.}$$

Toutes ces opérations se font avec plus de rapidité que je ne mets à les décrire. On aurait sans doute pu à l'aide de l'instruction de Gay-Lussac arriver au même résultat; mais il aurait fallu :

1° Mesurer l'alcool fort, opération beaucoup plus longue qu'une pesée, et à la rigueur ramener le volume obtenu à celui qu'il aurait à 15°, ou bien le peser, et en déterminer le volume à l'aide de la table des densités, ce qui nécessite un calcul de plus ;

2° En déterminant la force, consulter les tables pour la correction ;

3° Calculer, d'après la méthode exposée plus haut, la quantité d'alcool à 60°, qu'on obtiendrait ;

4° Consulter encore une fois les tables pour savoir combien il faut ajouter d'eau à 1000 litres d'alcool à 76° (correspondant à 69g), pour avoir de l'alcool à 60°.

5° Appliquer, par un calcul proportionnel, le chiffre trouvé au volume de l'esprit qu'on doit affaiblir ;

6° Enfin, si l'on veut savoir le poids du 60ᵉ, et, dans le cas actuel c'est presque indispensable, calculer de nouveau cet élément, à l'aide de la table des densités, si mieux on n'aime le déterminer par une pesée directe. Il est vrai que, si on avait tout d'abord pris le poids de l'alcool fort, il aurait suffi d'y ajouter le poids de l'eau, pour avoir le poids définitif de l'alcool à 60ᵉ.

b. Il peut arriver au contraire que la quantité d'alcool à 60ᵉ soit déterminée, 33ᵏ par exemple, et qu'on se demande combien on devra prendre de 76 (69 pondéraux) pour cette opération, et par suite combien il faut ajouter d'eau à ce dernier.

Dans 1 kilogr. d'alcool à 60ᵉ, il y a 0ᵏ522 d'alcool absolu ; dans les 33ᵏ, il y en aura

$$0,522 \times 33.$$

Dans 1 kilogr. d'alcool à 76ᵉ, il y a 0ᵏ690 d'alcool absolu : autant de fois 0.690 seront contenus dans 0.522×33, autant de kilogr. de 76ᵉ on devra prendre, puisqu'il faut que

$$0.690 \times x = 0.522 \times 33$$

$$\text{d'où} \quad x = \frac{0.522 \times 33}{0.690} = 25^{k} \text{ d'alcool à } 76^{e}$$

auquel il faudra ajouter $33 - 25 = 8$ kil. d'eau.

Formules générales pour le mouillage par l'eau. — D'une manière générale, soient respectivement p p', g, g' les poids et degrés pondéraux de l'alcool fort et de l'alcool faible, on a

$$pg = p'g',$$

d'où l'on tire :

a. Si p' est inconnu :

$$p' = \frac{pg}{g'}$$

b. Et si p est inconnu,

$$p = \frac{p'g'}{g}$$

La quantité d'eau s'obtient par une simple soustraction et est toujours représentée par

$$E = p' - p.$$

Mélange de deux alcools d'une force différente. — Le meilleur emploi qu'on puisse faire des alcools faibles obtenus comme derniers produits de la distillation d'un liquide spiritueux,

c'est de les utiliser, au lieu d'eau, pour abaisser le titre d'un alcool d'un degré trop élevé, pour pouvoir être employé tel quel.

c. Avec du 76^c^ et du 35^c^, faire 20 kilog. de 60^c^.

Les précautions ordinaires pour la détermination des degrés pondéraux ayant été prises, on trouve que, dans 1 kilogr. du 76^c^ (69^g^) il y a 0^k^690 d'alcool absolu, et dans 1 kilogr. du 35^c^ (29^g^), il y en a 0^k^290. Il s'agit d'avoir de l'alcool qui contienne par kilogr. 0^k^522 d'alcool pur ; dans les 20 kil. de 60^c^, il y en aura donc

$$0.522 \times 60$$

Si x et y représentent en poids, respectivement les quantités d'alcool fort et faible qu'on doit prendre, on aura

$$(1) \qquad 0.690 \times x + 0.290 \times y = 0.522 \times 20.$$

C'est-à-dire que le poids de l'alcool absolu du 76^c^, plus celui du 35^c^, est égal au poids de l'alcool absolu du 60^c^, résultant de leur mélange.

D'un autre côté : $$x + y = 20.$$

d'où $$y = 20 - x.$$

Faisant les substitutions, il vient :

$$0.690 \times x + 0.290 \times 20 - 0.290 \times x = 0.522 \times 20.$$

d'où

$$x = \frac{20(0.522-0.290)}{0.690-0.290} = 11^k600 \text{ d'alcool à } 76^c$$

et

$$y = 20 - 11^k600 = 8^k400 \text{ d'alcool à } 35^c$$

d. Transformer 11^k^600 de 76^c^ en 60^c^, avec du 35^c^ ; combien faudra-t-il de ce dernier, et combien obtiendra-t-on de 60^c^ ?

Soit x le poids du 60^c^, y celui du 35^c^ ; on a, comme ci-dessus :

$$0.522 \times x = 0.690 \times 11.600 + 0.290 \times y.$$

Or, $$x = 11.6 + y,$$

En substituant, on obtient :

$$0.522 \times 11.6 \times 0.522 \times y = 0.690 \times 11.6 + 0.290 \times y$$

d'où

$$y = \frac{11.6(0.690-0.522)}{0.522 - 0.290} = 8^k,4 \text{ d'alcool à } 35^c$$

et

$$x = 11.6 + 8,4 = 20^k \text{ à } 60^c$$

e. Enfin, supposons qu'on veuille remonter $8^k,4$ de 35^c avec du 76^c pour en former du 60^c. Combien faudra-t-il prendre de 76^c, et combien aura-t-on de 60^c ?

Soit x le poids du 60^c, et y celui du 76 ; on a :

$$0.690 \times y + 0.290 \times 8.4 = 0.522 \times x.$$

Mais

$$x = 8.4 + y,$$

donc, par substitution :

$$0.690 \times y + 0.290 \times 8.4 = 0.522 \times 8.4 + 0.522 \times y.$$

d'où

$$y = \frac{8.4(0.522 - 0.290)}{0.690 - 0.522} = 11^k,6 \text{ d'acool à } 76^c$$

Et

$$x = 8^k,4 + 11^k,6 = 20^k \text{ d'alcool à } 60^c$$

Donnons maintenant les formules générales de tous ces problèmes. Soient, respectivement, p, p', p'', les poids, g, g', g'', les degrés pondéraux des alcools fort, moyen et faible, dont on veut opérer le mélange.

Des deux formules suivantes :

$$(1) \quad p + p'' = p'$$

$$(2) \quad p\,g + p''\,g'' = p'g'$$

On tire, par des calculs analogues aux précédents,

c. Si p et p'' sont inconnues,

$$p = \frac{p'\,(g' - g'')}{g - g''} \text{ et } p'' = \frac{p'\,(g - g')}{g - g''}$$

d. Si p' et p'' sont inconnus,

$$p' = \frac{p\,(g - g'')}{g' - g''} \text{ et } p'' = \frac{p\,(g - g')}{g' - g''}$$

e. Enfin les inconnus sont p et p'

$$p = \frac{p''\,(g' - g'')}{g - g'} \text{ et } p' = \frac{p''\,(g - g'')}{g - g'}.$$

Il est évident qu'il suffira de calculer l'une de ces formules *c*, *d*, *e*, l'autre inconnue s'obtiendra à l'aide de l'équation (1).

Quant à la valeur de g, g', g'', comme elle existe en numérateur et en dénominateur, on pourra, si l'on veut, supprimer la virgule ou adopter le chiffre qui indique sur le pèse-alcool le degré pondéral. On pourrait objecter qu'il n'existe pas toujours une correspondance aussi exacte, que dans les exemples que nous avons choisis, entre les degrés volumétriques et les degrés pondéraux. Il suffira de faire remarquer que nous supposons que ceux-ci sont obtenus directement à l'aide de l'instrument, et qu'il est au moins aussi facile de faire une observation exacte sur l'échelle pondérale que sur l'échelle volumétrique.

Les règles données par Gay-Lussac pour les mélanges d'esprits de degrés différents, sont analogues aux formules que nous venons d'établir ; malheureusement, et Gay-Lussac en convient lui-même, elles ne conduisent qu'à des résultats approchés, dont l'erreur peut s'élever à un 25e. On peut avoir des résultats exacts d'après la méthode par les volumes, exposée précédemment ; mais on voit combien elle est compliquée, à cause des calculs, des pesées, des mesurages qu'elle nécessite. En adoptant les degrés en poids, au contraire, on arrive à la plus grande simplicité possible, tant au point de vue des calculs que des opérations préliminaires ; un autre avantage de ce système, et ce n'est pas le moins précieux, c'est qu'il conduit toujours à des résultats d'une exactitude complète.

Influence de la chaleur sur le volume d'un liquide spiritueux. — « La chaleur altère en même temps les indications de l'alcoomètre et le volume du liquide spiritueux. Les variations qui résultent de ces deux causes réunies peuvent s'élever à plus de 12 pour cent de la valeur du liquide spiritueux, de 0° à 30°, et il n'est pas permis d'en négliger la correction. » (G.-L.) Nous avons vu comment on corrige les indications de l'alcoomètre ; pour la correction du volume, il faut encore recourir aux tables de Gay-Lussac, qui donnent à ce sujet tous les renseignements désirables.

« Prenons 1000 litres, mesurés à la température de 2°, d'une eau-de-vie dont la force apparente soit de 44^c, sa force réelle à la température de 15°, sera de 49^c ; mais en échauffant l'eau-de-vie jusqu'à 15°, pour en avoir la force réelle, son volume augmentera, et, au lieu de 1000 litres que nous avons trouvés à la température de 2°, nous en aurons 1009 à 15°. » (G.-L.) L'augmentation du volume serait encore plus considérable avec des alcools forts, et d'autant plus que la différence des températures sera plus grande. Cette cause d'erreur, favorable aux vendeurs en été, préjudiciable en hiver, et trop souvent négligée dans le commerce, devient la source de plusieurs difficultés.

Il y a un moyen de couper court à tout cela, c'est de remplacer les volumes par les poids, dans l'évaluation des alcools ; les transactions commerciales elles-mêmes, tant au point de vue des particuliers qu'au point de vue de l'Etat, dans la perception des droits, gagneraient dans l'emploi de ce procédé. Dans tous les cas, les pharmaciens, qui dosent généralement au poids les substances qu'ils emploient, auraient tout avantage à se procurer l'alcool au poids, comme cela se pratique dans la Marine. Les difficultés inhérentes à l'appréciation des volumes, variables avec les températures, disparaîtraient de cette façon, et si l'évaluation des alcools au poids était adoptée, il n'y aurait plus de raison pour ne pas remplacer aussi les degrés volumétriques par les degrés pondéraux, changement qui pourrait d'ailleurs se faire sans cela. C'est surtout pour les alcools connus sous le nom d'eaux-de-vie et d'esprit que cette double substitution deviendrait avantageuse ; pour les vins, elle ne présenterait peut-être pas autant d'intérêt.

CONCLUSIONS

Les détails dans lesquels nous sommes entré contiennent nos conclusions ; nous les résumons en quelques mots :

1° Dispense de recourir à des tables spéciales, pour la détermination de la force réelle, lorsque la température est différente de 15°, les corrections se faisant à l'aide d'indications inscrites sur le pèse-alcool lui-même ;

2° Emploi de nouveaux degrés, dits degrés pondéraux, qui donnent exactement les proportions d'alcool absolu et d'eau contenues dans un liquide spiritueux, et facilitent singulièrement toutes les opérations de mouillage ;

3° Moyen de corriger l'influence de la température sur les degrés pondéraux, également fourni par l'instrument ;

4° Enfin, expression d'un vœu pour la substitution des degrés pondéraux aux degrés volumétriques, et pour l'adoption du poids, au lieu du volume, pour l'évaluation des alcools, soit dans le commerce, soit, et surtout, dans les laboratoires de pharmacie.

Vu : Bon à imprimer,

Le Directeur de l'Ecole de pharmacie,

BUSSY.

Vu : Permis d'imprimer,

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

A. MOURIER.



Tableau A.

Degrés Cartier.	Degrés centésim.	100 cent. cube du mélange contiennent		100 gram. du mélange contiennent		Densités.	Coefficients de Correction.	
	Alc. en vol.	Eau.	Alc. en poids	Alc. en poids	Eau en poids			
1	2	3	4	5	6	7	8	
							de 10° à 15°	de 15° à 30°
10,03	0	100.00	0.00	0.00	100 00	10000		
10 23	1	99 06	0 79	0.80	99 20	9985	0 10	0 11
10 43	2	98.11	1 59	1 59	98 41	9970	0 10	0 12
10 62	3	97.18	2.38	2.39	97 61	9956	0 10	0 13
10 80	4	96 24	3 18	3 20	96 80	9942	0 10	0 14
10 97	5	95 32	3.97	4.00	96 00	9929	0 10	0 16
11 16	6	94 39	4.77	4 81	95 19	9916	0 10	0 17
11 33	7	93 47	5 56	5 62	94 38	9903	0 10	0 18
11.49	8	92 54	6 36	0 43	93 57	9890	0 10	0 18
11 66	9	91 03	7 15	7 24	92.76	9878	0 10	0 19
11 82	10	90 71	7.95	8 06	91 94	9866	0 10	0 20
							de 5 à 15°	
11 98	11	89 81	8·74	8 87	91.13	9855	0 11	0 21
12 14	12	88.90	9.54	9 69	90 31	9844	0 12	0 22
12 28	13	88 00	10 33	10 51	89 49	9833	0 15	0 23
12 43	14	87.10	11 13	11 33	83 67	9822	0 18	0 24
12 57	15	86 20	11 92	12.15	87 85	9812	0 20	0 25
12 70	16	85 30	12.72	12 97	87 03	9802	0 20	0 26
12 84	17	84 41	13 51	13 80	86.20	9792	0 21	0 27
12 97	18	83 51	14 31	14 62	85 38	9782	0 22	0 28
13 10	19	82 62	15 10	15 45	84 55	9772	0 24	0 29
13 25	20	81·73	15 89	16 28	83 72	9762	0 25	0 30
							de 0° à 15°	
13 38	21	80 83	16.69	17 11	82 89	9752	0 26	0 31
13 52	22	79 94	17 48	17 95	82 05	9742	0 30	0 32
13 67	23	79 04	18 28	18 78	81 22	9732	0 36	0 32
13·83	24	78 14	19 07	19 62	80·38	9721	0 38	0 33
13 97	25	77 24	19.87	20 46	79 54	9711	0 40	0 34
14.12	26	76 34	20.66	21 30	78.70	9700	0 40	0 35
14 26	27	75 44	21.46	22 14	77 86	9690	0 40	0 36
14 42	28	74 54	22.25	22 99	77 01	9679	0 41	0 36
14·57	29	73 63	23 05	23 84	76 16	9668	0 41	0 37
14 73	30	72·73	23.84	24 69	75 31	9657	0 41	0 38
							de 0° à 30°	
14 90	31	71 81	24 64	25 54	74 46	9645	0 41	
15 07	32	70·90	25 43	26 40	73 60	9633	0 41	
15 24	33	69 99	26 23	27·26	72 74	9621	0 41	
15.43	34	69 06	27 02	28 12	71 88	9608	0 41	
15 63	35	68 14	27 82	28 99	71 01	9595	0 41	
15 83	36	67 20	28 61	29 86	70 14	9581	0 41	
16 02	37	66 27	29 40	30.73	09 27	9567	0 41	
16·22	38	65 33	30 20	31 61	68 39	9553	0 40	
16 43	39	64 39	30 99	32 49	67 51	9538	0 40	
16 66	40	63 44	31 79	33 38	66 62	9523	0 40	
16 88	41	62 49	32 58	34 27	65 73	9507	0 40	
17 12	42	61 53	33 38	35 17	64 83	9494	0 40	
17 37	43	60·57	34 17	36 07	63 93	9474	0 39	
17 62	44	59 60	34 97	36 97	63 03	9457	0 39	
17·88	45	58 64	35 76	37·88	62 12	9440	0 39	
18 14	46	57 67	36 56	38 80	61·20	9422	0 38	
18 42	47	56 69	37 35	39 72	60 28	9404	0 38	
18 69	48	55·71	38 15	40 64	59 36	9386	0 38	
18 97	49	54 73	38 94	41 57	58 43	9367	0 37	
19 25	50	53·75	39 74	42 50	57,50	9348	0 37	

TABLEAU A (suite).

Degrés Cartier.	Degrés centésim.	100 centim. cub. du mélange contiennent		100 grammes du mélange contiennent		Densités	Coefficient de Correction.
	Alc. en vol.	Eau.	Alc. en poids.	Alc. en poids.	Eau en poids.		
1	2	3	4	5	6	7	8
19 54	51	52 76	40 53	43 44	56 56	9329	0 37
19 85	52	51 77	41 32	44 39	55 61	9309	0 36
20 15	53	50 77	42 12	45 34	54 06	9289	0 36
20 47	54	49 78	42 91	46 30	53 70	9269	0 36
20 79	55	48 77	43 71	47 26	52 74	9248	0 36
21 11	56	47 77	44 50	48 23	51 77	9227	0 35
21 43	57	46 76	45 30	49 20	50 80	9206	0 35
21 76	58	45 76	46 09	50 18	49 82	9185	0 35
22 10	59	44 74	46 89	51 17	48 83	9163	0 35
22 40	60	43 73	47 68	52 16	47 84	9141	0 34
22 82	01	42 70	48 48	53 17	46 83	9118	0 34
23 18	62	41 68	49 27	54 18	45 82	9095	0 34
23 55	63	40 65	50 07	55 19	44 81	9072	0 34
23 92	04	39 63	50 86	56 21	43 79	9049	0 34
24 29	65	38 61	51 66	57 23	42 77	9026	0 33
24 67	66	37 58	52 45	58 26	41 74	9003	0 33
25 05	67	36 55	53 24	59 29	40 71	8980	0 33
25 45	68	35 52	54 04	60 34	39 66	8950	0 33
25 85	69	34 49	54 83	61 39	38 01	8932	0 32
26 26	70	33 44	55 63	62 46	37 54	8907	0 32
26 68	71	32 40	56 42	63 53	30 47	8882	0 32
27 11	72	31 35	57 22	64 60	35 40	8857	0 32
27 54	73	30 30	58 01	65 69	34 31	8831	0 31
27 98	74	29 24	58 81	66 79	33 21	8805	0 31
28 43	75	28 19	59 60	67 89	32 11	8779	0 31
28 88	70	27 13	60 40	69 00	31 00	8753	0 31
29 34	77	20 07	61 19	70 12	29 88	8720	0 30
29 81	78	25 00	01 99	71 26	28 74	8699	0 30
30 29	79	23 94	62 78	72 40	27 60	8672	0 30
30 76	80	22 87	63 58	73 54	26 46	8645	0 30
31 20	81	21 80	64 37	74 70	25 30	8617	0 29
31 76	82	20 72	65 17	75 87	24 13	8589	0 29
32 28	83	19 64	65 96	77 06	22 94	8500	0 29
32 80	84	18 56	60 70	78 25	21 75	8531	0 28
33 33	85	17 47	67 55	79 45	20 55	8502	0 28
33 88	86	16 38	68 34	80 67	19 33	8472	0 27
34 43	87	15 28	69 14	81 90	18 10	8442	0 27
35 01	88	14 18	69 93	83 15	16 85	8411	0 27
35 62	89	13 06	70 73	84 41	15 59	8379	0 26
36 24	90	11 94	71 52	85 70	14 30	8340	0 25
36 89	91	10 80	72 32	87 00	13 00	8312	0 25
37 55	92	9 66	73 11	88 33	11 67	8277	0 24
38 24	93	8 51	73 91	89 07	10 33	8242	0 23
38 95	94	7 35	74 70	91 03	8 97	8206	0 22
39 70	95	6 18	75 50	92 43	7 57	8168	0 21
40 49	96	4 99	70 29	93 86	6 14	8128	0 20
41 33	97	3 77	77 09	95 33	4 67	8086	0 20
42 25	98	2 54	77 88	96 84	3 16	8042	0 19
43 19	99	1 29	78 68	98 39	1 01	7996	0 19
44 19	100	0 09	79 47	100 00	0 00	7947	0 18

Tableau B.

Degrés centésimaux 1	Degrés pondéraux. 2	Densités. 3	Coefficients de Correction 4	Degrés centésimaux. 1	Degrés pondéraux. 2	Densités. 3	Coefficients de Correction. 4
0 0	0	10000		57 8	50	9489	0 34
1 25	1	9981	0 10	58 8	51	9467	0 34
2 5	2	9963	0 10	59 8	52	9145	0 34
3 75	3	9946	0 11	00 8	53	8122	0 34
5 0	4	9929	0 12	61 8	54	9099	0 34
6 25	5	9913	0 13	62 8	55	9076	0 34
7 5	6	9897	0 14	03 8	56	9054	0 34
8 75	7	9882	0 15	64 8	57	0031	0 34
9 9	8	9867	0 16	65 8	58	9009	0 34
11 2	9	9853	0 17	66 7	59	8986	0 34
12 4	10	9840	0 19	67 7	60	8904	0 34
13 6	11	9827	0 20	68 6	61	8941	0 34
14 8	12	9814	0 21	69 6	62	8918	0 34
16 0	13	0802	0 21	70 5	63	8894	0 34
17 2	14	9789	0 22	71 5	64	8871	0 34
18 4	15	9777	0 23	72 4	65	8847	0 34
19 7	16	9665	0 24	73 3	66	8824	0 34
20 9	17	9753	0 25	74 2	67	8800	0 34
22 0	18	9742	0 26	75 1	68	8770	0 34
23 3	19	9730	0 28	76 0	69	8753	0 34
24 5	20	9717	0 29	70 9	70	8729	0 34
25 7	21	9705	0 29	77 7	71	8706	0 34
26 8	22	9092	0 30	78 6	72	8682	0 34
28 0	23	0679	0 31	70 5	73	8058	0 34
20 2	24	9666	0 31	80 4	74	8634	0 34
30 4	25	0653	0 32	81 3	75	8610	0 34
31 6	26	9639	0 33	82 1	76	8586	0 34
32 5	27	9025	0 33	83 0	77	8561	0 34
33 9	28	9610	0 33	83 8	78	8537	0 34
35 0	29	9595	0 34	84 6	79	8513	0 34
36 2	30	9570	0 34	85 4	80	8489	0 34
37 3	31	9563	0 34	86 3	81	8464	0 34
38 5	32	9546	0 35	87 1	82	8439	0 33
39 6	33	9529	0 35	87 9	83	8404	0 33
40 7	34	9512	0 35	88 7	84	8389	0 33
41 8	35	9494	0 35	89 5	85	9364	0 33
42 9	36	9476	0 35	90 2	86	8338	0 33
44 0	37	9457	0 35	91 0	87	8312	0 32
45 1	38	9438	0 35	04 8	88	8286	0 32
46 2	39	9419	0 35	92 5	89	8260	0 31
47 3	40	9309	0 35	93 3	90	8234	0 31
48 4	41	9379	0 35	94 0	91	8207	0 30
49 5	42	9350	0 35	94 7	92	8180	0 30
50 5	43	9338	0 35	95 4	93	8152	0 29
51 6	44	9317	0 35	96 1	94	8124	0 29
52 6	45	9296	0 35	96 8	05	8095	0 29
53 7	46	9275	0 35	97 5	96	8067	0 29
54 7	47	9254	0 35	98 1	97	8037	0 29
55 8	48	9233	0 34	98 7	98	8007	0 29
56 8	49	0211	0 34	99 4	99	7977	0 20
57 8	50	9489	0 34	100 0	100	7947	0 29

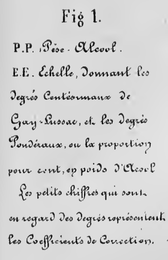


Fig 1.

P.P. Pèse-Alcool.

E.E. Échelle, donnant les degrés Centésimaux de Gay-Lussac, et les degrés Pondéraux, ou la proportion pour cent, en poids d'Alcool

Les petits chiffres qui sont en regard des degrés représentent les Coefficients de Correction.

